

マイクロフィルム用資料

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第3674号

土木研究所資料

震災情報システム整備マニュアル(案)

平成11年11月

建設省土木研究所
耐震技術研究センター防災技術課

Copyright © (1999) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

震災情報システム整備マニュアル (案)

防災技術課 課長 杉田 秀樹
主任研究員 野崎 智文
管理係長 葛西 伸寛
研究員 真田 晃宏
研究員 大谷 康史

要 旨

地震発生時、公共土木施設の管理者は、震後の緊急輸送、復旧・復興等の活動を支える所管施設の被害状況をいち早く把握し、適切な措置、情報の提供、復旧活動を行う必要がある。このような震災対策活動においては、広範囲・多数にわたる情報を迅速に扱う必要があることから、情報システムの導入が重要な鍵となる。最近の情報技術は非常に早い速度で進展しており、以前までは困難であった画像情報、地理情報の処理を含めて、高度で高速な情報処理が可能となっている。一方で、これらの高度技術を活用した体系的なシステム構築の考え方については、その計画に携わる担当者が理解しやすい形で示されていないのが現状である。本資料は、震災対策の高度化に資する情報システムの整備に関して、その基本的な考え方から個別の技術に至るまでを体系的なマニュアルの形でまとめたものである。

キーワード：地震、情報システム、震災対策、危機管理、意思決定

目 次

1 章 総 則	1
1.1 目 的	1
1.2 構 成	1
1.3 用語の定義	2
2 章 震災情報システム整備の基本方針	4
3 章 震災対策の活動に即した震災情報システムの要求機能	11
3.1 一 般	11
3.2 震災対策活動の段階区分と情報・機能	11
3.2.1 震災対策活動の段階区分	11
3.2.2 緊急対応段階における活動と情報およびシステム要求機能	12
3.2.3 応急復旧段階における活動と情報およびシステム要求機能	15
3.2.4 本復旧段階における活動と情報およびシステム要求機能	16
3.2.5 体制支援段階における活動と情報およびシステム要求機能	16
4 章 震災情報システムに必要な個別の技術	18
4.1 一 般	18
4.2 共通基盤として必要な技術	19
4.2.1 情報伝送技術	19
4.2.2 情報蓄積技術	22
4.3 現象把握に必要な技術	27
4.3.1 地震検知技術	27
4.3.2 施設被害検知技術	30
4.3.3 施設被害推定技術	35
4.3.4 地上活動支援技術	38
4.3.5 リモートセンシングによる上空からの被害状況把握技術	42
4.4 情報伝達に必要な技術	46
4.4.1 一斉同報技術	46
4.4.2 情報管理技術	47
4.4.3 他機関との情報交換技術	48
4.5 情報表示・分析に必要な技術	50
4.5.1 地図表示技術	51
4.5.2 データベース操作技術	56
4.5.3 静止画像表示技術	57
4.5.4 動画像表示技術	60
4.6 意思決定の支援に必要な技術	63
4.6.1 点検・迂回ルートの設定技術	63

4.6.2	復旧箇所等の優先順位最適化技術	66
4.6.3	人員・資機材再配置の最適化技術	67
5章	震災情報システムの安全性に関する検討	69
5.1	震災情報システムの耐災害性	69
5.1.1	震災情報システムの要素システムの耐災害性の向上	69
5.1.2	データや処理の多重化・分散化によるリスク分散	71
5.1.3	システムが使用不可能な場合への備え	75
5.2	震災情報システムのセキュリティ	75
5.2.1	外部からの介入に関する問題	75
5.2.2	緊急時における原則の除外	83

1 章 総 則

1.1 目 的

このマニュアルは、社会基盤施設の地震時対応を行う震災対策組織において震災情報システムを整備・拡充する際に留意すべき必要な事項をまとめ、効果的なシステムの整備計画、体制における活用方策の参考とするものである。

【解説】

ここでいう「震災対策組織」とは、地震時対応を行う様々な階層の組織を指す。たとえば建設省においては、防災業務計画等によって定められた対策本部、対策支部等さまざまなレベルの組織がある。このような組織は、地震発生時に暫定的に設置されるものが多いが、地震時の緊急対応のために平常時から様々な検討を行う組織も視野に入れて考えなければならない。震災対策組織は、法律・規則等においてその設置が定められた明確なものもあれば、共通の目的のために必要に応じて情報を交換し、活動を調整する組織群を捉える場合もある。また、一定の組織の地方支分部局などは、状況に応じて独立の組織として捉えた方が有効に目的が達成される場合もある。したがって、本マニュアルにおける震災対策組織とは、固定的な一定の組織の枠組みを指す場合のほか、階層のレベル、伝達の相手方が変化する場合も含めて考える。本マニュアルでは、震災情報システムの効率性、安全性、運用の容易性等の観点より、それらの様々なレベルで震災情報システムを計画する際の全体的な構想における留意点、個別の技術導入に関する知見を示し、例示することを目的とする。なお、ここで「システムの計画」とは、新規整備のほか、既設システムの改変・拡充、再構築を含むものとする。

1.2 構 成

このマニュアルの構成と利用方法は以下のとおりである。

- (1) 2 章 震災情報システム整備の基本方針
- (2) 3 章 震災対策の活動に即した震災情報システムの要求条件
- (3) 4 章 震災情報システムに必要な個別の技術
- (4) 5 章 震災情報システムの安全性に関する検討

【解説】

2 章においては、様々な階層レベルの組織から構成される震災対策組織において震災情報システムを計画、構築し、維持する際に留意すべき基本方針を述べる。震災情報システム整備にあたっては、対象とする震災対策組織全体としての情報の整合性、流通性を確保するとともに、最新の技術を導入するための柔軟性を確保する必要があるが、本章ではそのための方針を記述している。

3 章においては、組織の震災対策体制の活動内容とそのために必要な情報処理機能を整理し、所定の情報を得るために必要な技術と、それによって得られる情報の精度や迅速性等を明示する。本章を参照することにより、震災情報システム整備にあたってどのような情報が必要であり、その情報を扱うため

にどのような技術を用いることができ、またそれによって震災対策活動がどのように高度化されるのか、計画担当者が把握することができる。

4 章では、3 章において列挙された技術の内容を具体的に解説する。震災情報システムの全体像の計画、機能拡張の検討は3 章を参照することによって可能であるが、より具体的な機器の選定・施設、アプリケーションプログラムの開発等を検討するためには、個々の技術の内容、水準を把握しておく必要がある。本章は、震災情報システムの整備計画担当者等が参照し、具体のシステムを整備する際の参考となるものである。

5 章では、震災情報システムの構築、維持にあたって、システムの安全性すなわち災害状況下の信頼性とセキュリティの面から留意すべき点を解説する。

各項において、原則的な事項は枠書きとし、これに対する具体的な説明を【解説】をその下に記述している。より詳細な解説事項がある場合や個別の技術の原理等について【補足】を記述している場合もある。

なお、情報機器および情報処理技術は常に進歩しており、このマニュアルの作成時点においても、記憶装置の容量、信号伝送の速度や効率性は向上しつつあり、分析処理のアルゴリズムにも検討が重ねられている。本マニュアルで紹介した技術が将来陳腐化することは十分考えられるが、震災情報システム整備にあたって、震災対策体制の活動内容を分析し、必要な情報の種類や内容を明確にし、その条件を満たす技術を選択するという手順は変わらないものである。

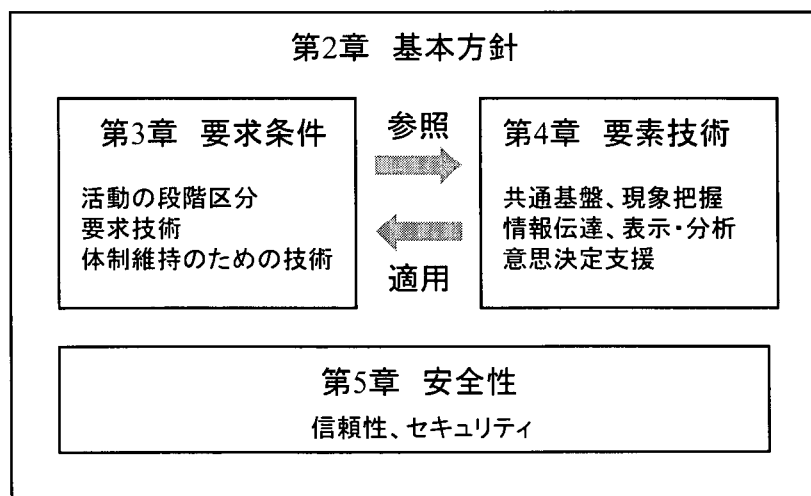


図 1.1 本マニュアルの構成

1.3 用語の定義

- (1) 震災情報：地震、地震動、地震による施設の被害および一般被害や渋滞等の周辺状況に関する情報。
- (2) 震災対策活動：地震発生時に行われる参集、情報収集伝達、点検、復旧等の活動。
- (3) 震災対策組織：地震発生時に震災対策活動を行う組織。
- (4) 震災対策要員等：震災対策組織を構成する職員等で、場合によっては契約業者の職員等、震災対策において暫定的に対策活動を行う者を含む。

- (5) 情報システム：様々な機能を持ったハードウェア及びソフトウェアの集合体
- (6) 震災情報システム：震災対策組織の迅速な震災対策活動を支援するための情報システム
- (7) 震災対策体制：震災対策活動を実際に行う要員、機器、情報システムとそれらの行動・実行様式および計画の総体。
- (8) アプリケーション [ソフトウェア]：文書作成、データの転送といった特定の目的のために起動し、その目的を達成するソフトウェア。
- (9) クライアント／サーバ：クライアントは何らかの処理をサーバに対して要求し、その結果を受け取るハードウェア及びソフトウェア。サーバはアプリケーションの機能を、クライアントからの要請に応じて提供するハードウェア及びソフトウェア（サーバとクライアントは必ずしも別のものとは限らず、ある機能を持ったサーバが他の機能のクライアントとなることもある）。
- (10) 信頼性：震災情報システムの耐災害性
- (11) セキュリティ：震災情報システムへの介入に対するシステムの保全性

2 章 震災情報システム整備の基本方針

(1) 震災情報システム整備の方針

震災情報システム整備にあたっては、PC（パーソナルコンピュータ）/WS（ワークステーション）といったハードウェアや特定のアプリケーションソフトウェアを主体として捉えるのではなく、震災対策活動内容とそこで利用される情報を中心として開発するのがよい。このため、震災情報システムの整備にあたっては、震災対策活動で扱われる情報と震災情報システムに要求する機能を整理した上で、それらの機能を実現するための個別技術の検討を行うのがよい。

(2) 震災情報システムに関する技術の考え方

震災情報システムを構成する技術は、震災対策体制において要求される情報の変化や、技術の進歩に対応して、部分的に高度化できるようにすべきである。また、施設管理、震災対策体制活動に必要なデータを効率的に蓄積・活用できるシステム構造とすべきである。

(3) 震災情報システム機能のレベル

震災情報システムに活用可能な技術や、現場の体制、対象とする事象によっては、必ずしもすべての情報を高度情報システムで扱うことができないか、あるいは適当でない場合がある。震災情報システムを計画する際には、震災対策の活動内容およびシステムを構成する技術をよく検討し、現実的なシステム機能のレベルとする必要がある。

(4) 震災情報システムのインターフェイス

震災情報システムとは、ハードウェア、ソフトウェアを主体として捉えるのみではなく、震災対策活動で扱われる情報と、情報と人間の間に存在するインターフェイスに特に留意して開発するべきである。

(5) 平常時利用

震災情報システムが扱う情報には、平常時から適切に管理され、あるいは入力、蓄積されるべきものが多い。したがって、震災情報システムを特定の機能を持ったいくつかのシステムの枠だけで捉えるのではなく、平常時の施設管理、施工管理に利用する他のシステム機能と情報を共有し、連携させることが望ましい。また、情報システム整備によって、震災対策活動のみならず平常時の施設管理を効率化する機能については、特に積極的に検討すべきである。一方、震災情報システムの機能には、震災対策活動においてのみ利用されるものも含まれる。このような機能の要員の習熟の意味も含めて、震災訓練等において震災情報システム特有の機能を活用したり、震災対策体制の低い体制レベルの段階において、部局内で震災情報システムを操作しておくことが望ましい。また、震災情報システムを構成する機器のみならず、震災対策活動に関わる人、機器からなる震災対策体制の活動の迅速性、情報収集や応急対応の効率性を、平常時から検討し、向上させるとともに、情報システムの費用対効果についても検討しておくとうい。

【解説】

(1) 震災情報システム整備の方針

いうまでもなく、震災情報システムは迅速で、効率的な震災対策活動を支援するためのものである。

この際、情報機器やソフトウェアの視点から「できること」を考えるのではなく、震災対策において「なすべきこと」を考え、これを支援するために必要な機能をシステムにおいて実現することを検討すべきである。一般に震災対策に関わらず、情報システムを構築する際には PC（パーソナルコンピュータ）、WS（ワークステーション）といった情報機器やそれらの上で稼動するソフトウェアを中心として捉えがちであるが、本来重視すべきなのは、そのシステムを用いて行う業務とそこで扱われる情報であることに留意すべきである。したがって、震災情報システムを開発整備する際には、以下のような手順で検討を進めるとよい。

- ・震災対策活動の内容分析
- ・震災対策活動で扱われる情報の分析
- ・情報処理を高度化するために震災情報システムに求められる要求機能の整理
- ・要求機能を満足するシステムの開発・導入

本マニュアルの第3章では、公共土木施設を所管する組織の震災対策活動を、いくつかの段階に区分し、その中で扱われる情報とその処理を高度化するための機能を整理した例を示した。また、それらの機能を実現可能な個別技術として現在考えられるものを第4章にまとめ、一覧可能な形としたほか、第3章で整理したシステム要求機能と、それらを実現するための個別機能の対応参照が可能な形にまとめた。

(2) 震災情報システムに関する技術の考え方

震災情報システムには、地震動の観測、施設被害の検知、組織内外の情報連絡といった様々な機能が含まれる。また、それらを実現するためのハードウェア、ソフトウェアの技術も非常に速い速度で進んでおり、短い時間でそれまでの技術が陳腐化してしまうことも多い。そこで、震災情報システムの考え方として、システムを固定的な一つのハードウェア、ソフトウェアと考えるのではなく、様々な機能を持った小さなシステムが相互に連携して稼動するものとして開発した方が効率がよいと考えられる（分散型システム）。また、震災情報システムは多種多様なデータを扱うものであることから、それらのデータを効率的に蓄積し、共有できる形態にすべきである（情報共有システム）。

ここで、情報を共有したシステムとして図 2.1 のような形が考えられる。この場合、震災情報システムのためのサーバがこれに関連するデータや機能を持っており、これを利用する各クライアントがサーバの機能を利用して情報を受け取り表示するものである。この形態のシステムは、現在のハードウェア、ソフトウェア技術を用いて比較的簡単に実現できるが、以下のような難点が考えられる。

- ・限られたサーバに多数のクライアントからの要求が集中すると、処理時間が遅くなる
- ・震災情報システムに必要な情報には、他の災害に関する情報システムや平常時の管理等に用いるシステムと重複するものがあるので、情報を二重に管理しなければならない
- ・また、異なる機能を持つサーバに同種の情報を重複して登録するようなシステムとなるおそれもある
- ・多くの機能が限られたサーバに集中しているので、災害に対するリスクが高い
- ・システムのうちのある機能を改良する場合にサーバを停止させなければならないなどの影響が大きい

このような形のシステムは、データ管理の効率性やシステム機能の変更、拡充の観点からは大型のホストシステムと変わらない。したがって、より効率的なデータ管理を行なうことができ、柔軟にシステム機能を追加、更新できるシステム形態を考える必要がある。

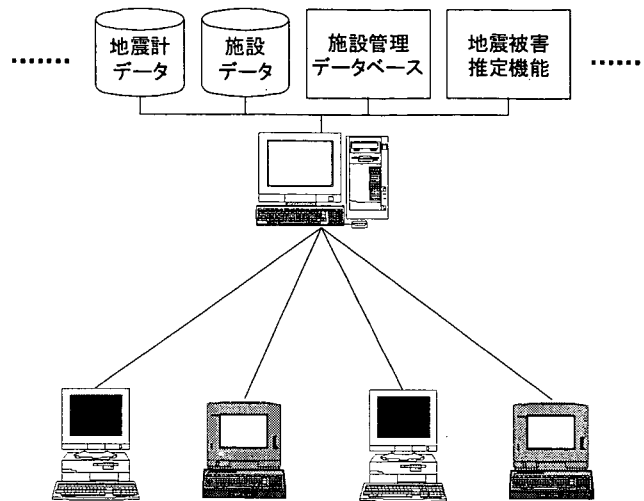


図 2.1 サーバに機能が集中したシステム

一方、図 2.2 のようなシステムを考える。この場合、データや機能は別々のシステムで扱われ、それらは定められたインターフェイスを介してやりとりされる。たとえば地震が発生すると、地震被害予測システムサーバは地震計データベース、施設管理データベースなどからデータを取得し、予測計算を行って結果を記録する。この結果は任意のクライアントから参照することができ、たとえば予測結果と地震計データを重ねることも可能である。

この場合、各サーバに記録されている情報はどのような形式でもかまわないが、情報をやりとりするための手続き（インターフェイス）さえ統一あるいは明示されていれば、あるシステムが別のシステムからの情報をとりだすことが比較的容易にできる。

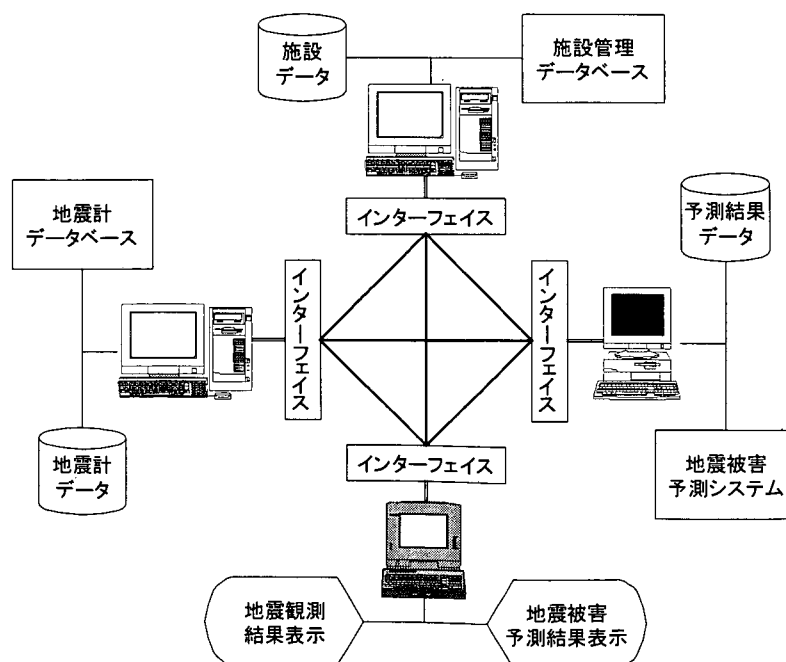


図 2.2 データおよび機能を分散・共有したシステム

【補足：データの構造化と共有】

(2)のような情報システムを実現するためには、以下のような方法が考えられる。

①同一アプリケーションを用いる方法

震災対策の対象となる組織内で用いられる各アプリケーションを同じ種類のもの（たとえば同一のワードプロセッサや GIS）に統一することによって、データおよび操作性を完全に共有できる。しかしながら、この方法ではシステム全体の柔軟性が損なわれるおそれがある。たとえば、同一アプリケーションにおいても異なるバージョン間でのデータ互換性が完全ではないことが多く、また、より高性能のアプリケーションへ切り替えたい場合などでは、データ共有に不都合が生じたり、それを解消するために多大の労力と費用が必要となる。

②情報の構造等を共通化する方法

この方法は、震災対策において用いられる情報を共通化しておき、それを用いるアプリケーションの種類は問わない方法である。図 2.3 は施設が橋梁の場合を示しているが、「橋梁」というモノ（オブジェクト）が橋梁の「名称」、その橋梁が存在する「路線」といった属性を持つことを表している。また、別に「路線」というオブジェクトも準備されており、これについても「名称（路線名）」、「起点／終点位置」などの属性を持つ。橋梁の属性である路線は、具体的な路線と結びついてこれを参照することができるため、橋梁が存在する路線の属性も橋梁オブジェクトの属性と同様に扱うことができる。

情報が図 2.3 のような形で構造化されていれば、ある橋梁の位置から被災内容を参照したり、ある点検日時に対応する橋梁の名称を引き出すことができる。すなわち、あるサーバに保存されている橋梁等の情報を外から取り出す場合に、情報の構造およびその属性、形式、精度が明確に示されていれば、どのようなアプリケーションソフトウェアでもこれらの情報を操作することができる。

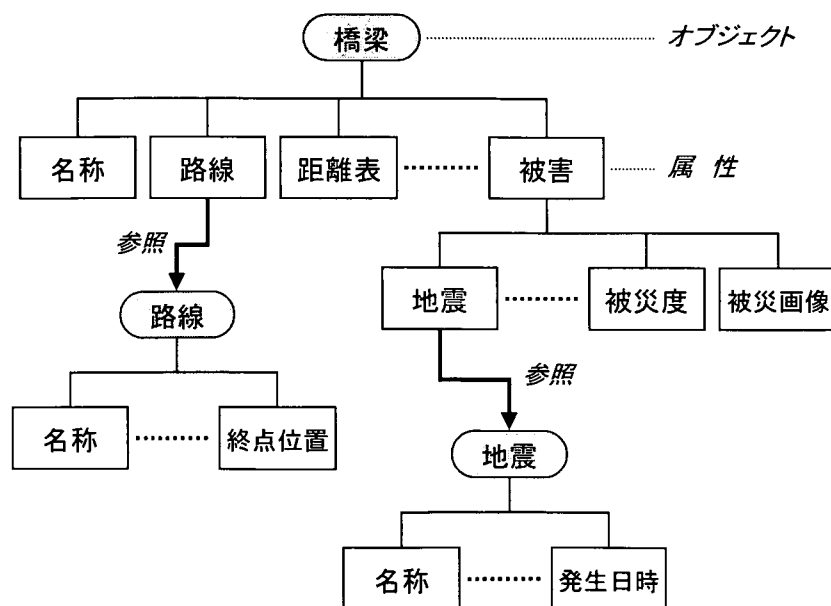


図 2.3 震災情報の構造化の例

たとえば、ある事務所のあるセクションで使っている GIS と別のセクションで使っている GIS が異なっても、それぞれがデータを送り出すサーバが送り出すデータの構造、形式を知っていて適切に処理す

るようにプログラムされていれば、二つの GIS は別のものであってもよい。このことによって、震災情報システムの柔軟性と整合性が飛躍的に向上する。なお、近年になって、このように構造化された情報のネットワーク上での共有の必要性から、XML(eXtensible Markup Language)、Open GIS といった情報の共通仕様が進められており、情報の構造化とその共有は時代の趨勢であるといえる。

震災情報システムで最も重要なものは、震災対策活動において扱われる情報そのものであり、それらの情報には、現場において収集された情報、何らかの計算結果や処理結果、体制要員の意思を伝えるものなど様々なものがあるが、体制活動及びその中での情報の流れを分析することによって、その構造は決定することができる。このような作業は一般には大きな労力を伴うが、一度その構造が決定され明示されれば、その情報を扱うシステムは任意に開発できるため、システムの拡張性が飛躍的に高まる。この際に最も大切なのは、情報の構造化と仕様決定の結果を、一定の形式のドキュメントで確実に保存することである。これが完備されていることによって、後に震災情報システムの各機能を持ったサブシステムを開発する場合、時期、開発者に関わらず一定したデータの流通が保証される。このようなドキュメントには、組織内で定めた記号や表などを用いてもよい。

(3) 震災情報システム機能のレベル

たとえば震災情報システムに活用可能な技術が、情報処理の面から高度であったとしても、その安定性、操作性等が適切でない場合がある。あるいは、現場における緊急的な点検、措置、復旧等の活動においては、いちいち端末入力するよりも現場の状況を見ながらリアルタイムで電話等により連絡し、本部等の拠点においてこれを集約整理する方が効率がよいケースも考えられる。震災情報システムの新設・改築・拡張を検討する際には、その時点での技術レベルや現場での運用をよく検討し、實際上システムを導入することで効率的な震災対策活動が可能となるように注意すべきである。

ただし、このことは震災情報システムが有用でないということではない。現時点で操作性に問題があるという指摘がなされたとしても、技術の導入、操作への習熟によってより効率的な活動が可能となるものであれば、積極的に検討すべきである。また、「(1) 震災情報システム整備の方針」で解説した震災対策の活動・情報に基づいた情報システム計画、「(2) 震災情報システムに関する技術の考え方」で解説した拡張性に留意した技術の適用に留意すれば、技術動向や現場の要請を適切に捉え、また対応することが可能である。

(4) 震災情報システムのインターフェイス

震災情報システムを震災対策要員すなわちシステムのユーザーから見た場合、そのインターフェイスの仕様が重要となる。現在最もポピュラーなのは、ウィンドウタイプの GUI(graphical user interface)である。それらは概ねアプリケーションウィンドウにメニューやアイコンを持ったものとなっているが、それらの機能と配列などについては、プログラム開発業界における一定の習慣はあるものの、確立された規定はない。そのため、新しい震災情報サブシステムを開発するたびに操作体系が異なったものとなり、特に緊急時に迅速な操作を行なうことが困難な場合がある。このため、組織内でサブシステム群のインターフェイスを統一するか、インターフェイスを持ったシステムを導入する際に、従来利用されているものとの整合を図るなどの点に配慮すべきである。このほかにも、インターフェイス設計において留意すべき事項の例を以下に列挙する。

入力方法：施設の被災情報を入力したり被災推計を行うシステムでは、多数の情報を入力しなければな

らないことがある。その場合、一つの画面において多くの情報を入力するのは、操作者の負担になるとともに、入力ミスを招きやすい。一般にウィンドウタイプのシステムではダイアログボックスによってデータ入力や設定を行うものが多いが、入力方法を階層化するなど、データ入力の効率化を図るとよい。一方これとは相反するが、入力した結果をできるだけ一覧できる形で表示することも必要である。ユーザーによっては一覧を参照しながらデータの入力、確認を行う方を望む場合もあるので、そのような機能も必要である。

様々な入力方法：特に切迫した場面や、現場において迅速に被災情報等を入力するような場合、画面のクリックやキーボードのタイプでは遅くなる場合がある。このような状況にも配慮し、手書きの文字や絵をそのままデータとして取り込む機能も検討しておくといよい。また、現場の状況を適確に伝えるために、現場の静止画像、動画像を簡単な操作で取得・伝送する機能も備えておくべきである。

カラーグラフィックス：高速なカラープリンタがどこでも利用できる環境ならば問題ないが、現状では、画面を高速にプリントアウトする場合白黒のものが一般的である。この場合、画面表示に様々な色を用いて属性の識別などを行うインターフェイスであると、プリントアウトの内容を判読できないことが多い。また、それらをファクシミリで伝送するケースも考慮すると、白黒印刷でも適切に内容が把握できるように設計することが望ましい。

操作の習熟：PC等の情報機器が浸透しつつあるとはいえ、まだその操作に抵抗がある要員が多いのも事実である。しかしながら、それを機械の操作性のせいにしてシステム不要と断ずるのは早計である。現在では電話をかけるのが当たり前になっているように、情報システムのインターフェイス操作についても、それを日ごろから操作し、十分に慣れておくことが必要になる。そのためには、震災情報システムを日常の業務や他の災害対策において用いるシステムと共通化し、要員が操作に習熟できる環境を整えるとともに、場合によっては教育、訓練を行うのがよい。

(5) 平常時利用

①他のシステム機能との連携

たとえば地震発生時に迂回路を設定する際に、迂回路に設定する区間において工事等が行われている場合、その区間はルートに含められない。したがって、このようなシステム機能の実現のためには、平常時において確実に道路区間の利用可能性が入力、蓄積されていなければならない。このように、地震発生時に有効な対策を行うために平常時から整備しておくべき情報にも留意しなければならない。このような情報は、平常時の施設管理に関するものが多いので、他の情報システムにおいて扱う情報を震災情報システムと共有するのがよい。震災情報システムのみならず、組織で扱う各種の情報を構造化し、共有することによって、このことは比較的簡単に実現できる。逆にこのようなシステム機能を積極的に導入することによって、震災対策活動のみならず、平常時の施設管理や情報提供を有効に行うことが可能になる。

②震災情報システムへの習熟

たとえば点検ルートの探索や復旧箇所の優先順位決定といった震災対策の意志決定に関わる機能の多くは、地震発生後に始めて用いられるものが多い。このような機能については、たとえば各レベルの体制が発令されるよりも低い震度等の段階で、限られた部局において所要の機能を操作するだけでも、より大きな地震被害が発生した場合に対する訓練となる。また、たとえば道路の改築計画に復旧優先順位や経済評価機能を用いるなど、平常時の施設計画等に関わる活動に際しても震災情報システムの機能をできるだけ活用することが望ましい。

③震災対策体制の効率性の検討

震災対策体制、特に地震発生直後の対応については、日ごろから想定している体制活動が有効に行われるかどうか確認しておく必要がある。そのためには、実働訓練を通して体制活動における要員の行動や情報処理の迅速性、確実性について検討する必要がある。特に、様々な不測の事態を考慮して図上での参集訓練、想定被害内容を直前まで明示しないロールプレイング型の訓練等が有効である。また、訓練のみでは地震の規模や地震後の状況のバリエーションといったさまざまな事態を想定しきれないため、震災対策体制やその活動を PC 等によってシミュレートし、情報収集や対応活動の迅速性等を定量的に評価するシミュレーションも考えられる。

3 章 震災対策活動に即した震災情報システムの要求機能

3.1 一般

震災情報システムの整備にあたっては、震災対策活動の内容とそこで扱われる情報を分析し、活動に必要な精度とタイミングで情報を扱うためにシステムに要求される機能を整理する必要がある。本章では、公共土木施設を管理する一般的な組織における震災対策活動を大まかに区分し、そこで扱われる情報を例示する。また、それらの情報を効率的に扱う技術のうち、本マニュアルで紹介している技術への参照を示した。

【解説】

第2章「震災情報システム整備の方針」でも述べたように、システム整備のためにはそれが導入される震災対策体制の活動内容とそこで扱われる情報を分析する必要がある。本章では、公共土木施設を管理する一般的な組織における震災対策活動を大まかに区分し、そこで扱われる情報を例示した。また、それぞれの活動内容に関わる情報を示し、それらを効率的に扱うために利用可能な技術のうち本書で扱っているものへの参照を示した。

本マニュアルに示す体制活動の分析は概略のものであり、実際の組織において震災情報システムの整備・拡充を計画する際には、それぞれの震災対策体制をより具体的に分析しなければならないが、その方法としては、表を使ったもの、体制の組織や要員をその関連に注目して図化する方法などが考えられる。

3.2 震災対策活動の段階区分と情報・機能

3.2.1 震災対策活動の段階区分

本章では震災対策活動の段階を以下の四つに区分し、さらにそれぞれの段階における活動内容とそこで扱われる情報およびその情報に関連する技術への参照を示す。なお、これらの段階は地震発生後のものであるが、これらの活動を円滑にし、震災情報システムを有効なものとするためには平常時におけるデータの管理、システムの保守等を確実にしなければならない。

- (A) 緊急対応段階
- (B) 応急復旧段階
- (C) 本復旧段階
- (D) 体制支援段階

【解説】

本マニュアルでは、震災情報システムで扱う情報を分析するために、震災対策活動を上記のような4つの段階に区分した。以下に、各段階の特徴を簡単にまとめる。

(A) 緊急対応段階

地震発生直後に、可能な限り迅速に施設の被災状況の概略を把握し、その後の対応および復旧の基本方針を定めるとともに、二次的な災害・影響の発生可能性の判定に基づき、必要に応じて緊急措置を行う。

(B) 応急復旧段階

施設の被災状況を調査し、本復旧の方針を定めるとともに、二次的な災害・影響の発生可能性、応急復旧の難易度等に基づいて応急復旧の必要性、優先順位、復旧水準を定め、応急復旧を行う。

(C) 本復旧段階

施設の重要性、復旧の難易度や施設の将来計画等を考慮して本復旧水準を定めるとともに、地域の将来計画等を考慮して本復旧を行う。

(D) 体制支援段階

上記(A)～(C)の段階は震災対策活動の直接の目的に添って整理したものであるが、各段階を通して効率的な活動を支援することも震災対策活動に含まれる。このような支援活動には、要員等の安否確認や体制を支える資材の管理などが含まれる。このような支援活動は、体制の起動から体制が解除されるまで継続的に必要となる。

上記の区分は必ずしも時間軸上に整列したものではなく、項目ごとに重複して現れたり、あい前後することもありうるが、重要なのは、区分方法によって震災対策情報に抜けがないように、かつできるだけ情報、機能の分析が行いやすいような区分方法とすることである。一方、時間の流れに沿った区分ではなく、震災対策組織の部署単位での整理・区分を中心に考えてもよい。ただし、震災対策活動は一つの組織で完結するものは少なく、対策組織全体としての情報処理機能を向上させる必要があることから、部署別の分析を行う際には、部署間の関係や組織全体のバランスに留意する必要がある。

また、(A)～(D)の段階は地震発生後の活動段階であるが、震災情報システムに関連するデータの整備やシステム保守を含め、これらの活動を円滑に行うための平常時の活動も当然ながら重要である。平常時の情報管理については、特に「4.4.2 情報管理機能」が関連する。また、震災情報システムで扱う情報は平常時の業務で扱うものと同じものがおおいいため、震災情報システムと平常時のためのシステムを独立させるよりは、できるだけ双方の共通化を図るのがよい。平常時の施設管理、情報管理を適切に行うことによって、地震発生時の対応も効率化される。

以下各項において、本項で区分した各段階に含まれる活動ごとに必要と考えられる情報とその処理を高度化するためにシステムに必要な機能を示す。各機能については、それらを実現するために利用可能な技術を、対応する第4章各項の番号で示している（例[4.1.1]）。なお、情報の伝送や蓄積、GIS等を用いた表示・分析といった共通機能は、ほとんどすべての機能と結びついて必要となるため、原則としてそれらは記述していない。ただし、必要な情報を扱うために特に共通機能を中心に用いる場合にはこれを示している。

3.2.2 緊急対応段階における活動と情報およびシステム要求機能

緊急措置段階における活動とそこで扱われる情報およびそれらの情報を効率的に扱うためのシステム要求機能の例は以下のとおりである。

(A. 1) 震災体制の確立

(A. 1. 1) 地震情報→地震検知機能[4. 3. 1]

(A. 1. 2) 施設被害情報→施設被害検知機能[4. 3. 2、4. 3. 3]

(A. 1. 3) 体制起動情報→一斉通報機能[4. 4. 1]

(A. 2) 緊急調査

(A. 2. 1) 緊急調査方針→地震／広域状況把握機能[4. 3. 1、4. 3. 2、4. 3. 3、4. 3. 5]

(A. 2. 2) 緊急調査活動状況→地上活動支援機能[4. 3. 4]

(A. 2. 3) 施設被害情報→地上活動支援機能[4. 3. 4]、広域状況把握機能[4. 3. 5]

(A. 2. 4) 周辺状況→地上活動支援機能[4. 3. 4]、広域状況把握機能[4. 3. 5]

(A. 3) 緊急調査結果に基づく対応方針検討

(A. 3. 1) 関連機関情報→情報交換機能[4. 4. 3]

(A. 3. 2) 資機材備蓄情報→情報管理機能[4. 4. 2]

(A. 3. 3) 対応の優先順位・対応水準→意思決定支援機能[4. 6. 1、4. 6. 2、4. 6. 3]

(A. 4) 緊急措置

(A. 4. 1) 緊急措置状況→地上活動支援機能[4. 3. 4]

【解説】

緊急対応段階においては、地震発生直後に適切な震災対策を確立し、緊急的な点検と必要に応じた措置を行う。地震後の被害・状況の全容を可能な限り迅速に把握するために、この段階で扱われる情報はある程度精度が低くても短時間のうちに扱う必要がある。

(A. 1) 震災体制の確立

地震発生に際しては、地震によって発生している可能性のある施設の被害状況に応じた震災対策体制をとる必要がある。しかしながら、地震発生直後には施設被害に関する情報をすべて把握することは困難であるため、地震動の強さあるいは施設被害の概況に応じて必要な体制を起動することが多い。このため、地震、地震による施設被害に関する情報を迅速に検知・収集することが必要となる。また、体制起動に関する情報を震災対策要員に一斉に通知することも重要である。以下、この段階における行動と、これに関連する情報・技術について解説する。

①地震検知

ここでは地震検知として独自の観測設備による機能を示したが、このほかにも気象庁等地震観測を行っている他機関との情報交換も重要である。いずれにしても、地震の検知は震災対策活動の初動に関わるため、できる限り迅速かつ確実なものでなければならない。このため、情報伝送のスピードや検知情報の確実性について十分検討する必要がある。

②施設被害検知

地震動の強さのみではなく、施設被害の状況が地震直後に判明すれば、その後の点検活動等にとって有用である。ここで、施設被害の検知には二つの考え方がある。一つは実際に施設あるいはその周辺に設置したセンサーによって施設の被害を検知するものである。このようなセンサーの性質としては、接触型・非接触型、On/Offを検知するか被害の程度に対応した信号を出力するかといった要素が考えられ

る。被害を検知するセンサーを設置する場合、センサーの精度とコスト、得られる情報および各施設の重要度を勘案して、必要な性能を持つセンサーを設置すべきである。今ひとつの考え方は、地震動に基づく被害推定である、通常公共土木施設は広範囲にわたっているため、すべての施設にセンサーを設置するための予算が必ずしも確保できないか、あるいは設置に長い期間を要することも考えられる。この場合、施設の被害を直接検知するのではなく、地震動の観測情報に基づいて施設の被害程度を合理的に推定する技術も有用である。

③一斉同報

地震あるいは施設被害の検知結果に基づいて震災対策体制を起動する場合、必要な要員にすばやく情報を伝達しなければならない。一斉同報機能については、地震発生が通常の勤務状況にあるときか、夜間・休日等かによって、情報の伝達先と伝達方法を変化させなければならない。

(A. 2) 緊急調査

緊急調査は、震災対策体制の起動後すぐに施設被害の全容を把握するために行われる。その流れは、あらかじめ定められている行動指針とその時点で得られている情報に基づいて、緊急調査の方針を決定し、これに基づいて調査を行うというものである。緊急調査における行動別に整理すると、その概要は以下のとおりである。

①緊急調査方針の検討

緊急調査方針は、その時点で得られている情報に基づいて検討するほかはない。これより前の段階で得られている施設被害の情報は、地震動からの類推か施設被害の検知・推定結果である。また、リモートセンシングによる広域的な被害情報がリアルタイムで利用できるならば、その活用も考えられる。

②緊急調査活動状況の把握

緊急調査活動において要員、車両等の活動状況を把握することによって、重点的に調査すべきエリアへの調査班を誘導するなど、効率的な調査が行える。このためには、GPS によるリアルタイムな位置測定等の技術が有用である。

③施設被害情報の収集

緊急調査にあたっては、広域に分布する施設の被害の全容を効率的に把握しなければならない。現場における情報収集を支援するための地上活動支援技術によって、この過程は効率化される。また、リモートセンシングによる情報が十分な精度と即時性を持っているならば、その活用も考えられる。

④周辺状況の把握

施設被害のほか、これに起因する二次的な災害や渋滞等、その後の措置・活動に影響する周辺の状況も把握する必要がある。施設被害情報の収集に有効な地上活動支援技術は、周辺状況に関する情報収集にも活用できる。また、火災や渋滞状況等の広域にわたる周辺状況を一括して把握するためには、リモートセンシング技術の活用も有効と考えられる。

(A. 3) 緊急調査結果に基づく対応方針検討

緊急調査段階では、緊急調査の結果に基づいて、緊急措置、復旧あるいはそれらの活動に先立つての点検に関する方針を検討する。そのためには、施設被害に関する情報のほかに、上記の活動に必要な情報を包括的に扱う必要がある。このような情報の例は下記のとおりである。

①関連機関情報

地震後の対応活動に影響を与える一般被害の状況や、輻輳する施設の被害状況を把握するためには、

関連機関との間で効率的に情報を交換する必要がある。情報交換の技術としては、電話、FAX 等従来の方法で行うほか、ネットワーク技術を活用するのも有効である。

②資機材備蓄情報

特にこの段階では、今後の措置・復旧に用いる資機材の備蓄状況を確認し、また緊急措置に応じてその備蓄状況を更新する必要がある。

③対応の優先順位・対応水準

緊急調査の結果によって、通行止め等の緊急措置や応急復旧のための調査に関する戦略を検討する。たとえばこのような検討が必要な項目としては、緊急措置のための班構成、被災箇所までの到達ルートが考えられる。通常これらの意思決定活動は、収集された情報に基づいた要員の判断によることが多いが、その判断を支援する技術も、近年の情報技術の発達に伴って実用可能なものが増えつつある。

(A.4) 緊急措置

緊急調査において、重大な被害が発見され、大きな二次災害につながる危険性が認められる場合に、状況に応じて講じられる措置で、工事を伴わない措置が中心となる。緊急措置を的確に行うためには、各現場における措置状況の把握を行うことと、全体的な措置状況に基づく現場要員の支援が必要となるが、このためには地上活動支援機能が有効である。

3.2.3 応急復旧段階における活動と情報およびシステム要求機能

応急復旧段階における活動とそこで扱われる情報およびそれらの情報を効率的に扱うためのシステム要求機能の例は以下のとおりである。

(B.1) 応急調査

(B.1.1) 応急調査方針→広域状況把握機能[4.3.5]

(B.1.2) 応急調査活動状況→地上活動支援機能[4.3.4]、広域状況把握機能[4.3.5]

(B.1.3) 施設被害情報→地上活動支援機能[4.3.4]、広域状況把握機能[4.3.5]

(B.1.4) 周辺状況→地上活動支援機能[4.3.4]、広域状況把握機能[4.3.5]

(B.2) 応急復旧方針検討

(B.2.1) 関連機関情報→情報交換機能[4.4.3]

(B.2.2) 資機材備蓄情報→情報管理機能[4.4.2]

(B.2.3) 応急復旧の優先順位・復旧水準→意思決定支援機能[4.6.1、4.6.2、4.6.3]

(B.3) 応急復旧

(B.3.1) 応急復旧状況→地上活動支援機能[4.3.4]

【解説】

応急復旧段階においては、緊急調査よりも少し詳細な調査に基づき、緊急輸送の確保、大規模な二次災害の防止等を目的とした応急復旧工事が行われる。その活動内容は、応急復旧に関する調査、方針の検討、復旧工事であり、そこで扱われる情報及びこれらに要求されるシステムの要求機能のほとんどは緊急対応段階と同種であり、用いられる情報システムも緊急対応段階と共通のものが多いが、その精度は緊急対応段階に比べて高いことが要求される場合もある。ただし、緊急輸送の確保や二次災害の防止を目的とした応急復旧のためには、迅速な情報の処理が必要であり、地震時の施設管理上要求される精

度・時間を比較勘案して必要な技術を導入する必要がある。またこの段階以降においては、災害報告や災害査定に関する資料等の定型的なドキュメントを扱うことも多くなるため、システムにこれに対応した機能を持たせておくことと便利である。

3.2.4 本復旧段階における活動と情報およびシステム要求機能

本復旧段階における活動とそこで扱われる情報およびそれらの情報を効率的に扱うためのシステム要求機能の例は以下のとおりである。

(C.1) 本復旧のための調査

(C.1.1) 本復旧のための調査方針→意思決定支援機能[4.6.1、4.6.2、4.6.3]

(C.1.2) 本復旧調査活動状況→地上活動支援機能[4.3.4]

(C.1.3) 施設被害情報→地上活動支援機能[4.3.4]

(C.1.4) 周辺状況→地上活動支援機能[4.3.4]

(C.2) 本復旧方針検討

(C.2.1) 関連機関情報→情報交換機能[4.4.3]

(C.2.2) 資機材備蓄情報→情報管理機能[4.4.2]

(C.2.3) 地域の計画に関する情報→情報交換機能[4.4.3]

(C.2.4) 本復旧の優先順位・復旧水準→意思決定支援機能[4.6.1、4.6.2、4.6.3]

(C.3) 本復旧

(C.3.1) 本復旧状況→地上活動支援機能[4.3.4]

(C.3.2) 資機材備蓄情報→情報管理機能及び情報交換機能[4.4.2、4.4.3]

【解説】

本復旧段階においては、応急復旧によって緊急輸送機能が確保され、地震直後の混乱がある程度収まった状況で、施設の機能を被災前の状態に復帰し、あるいは再度災害を防ぐための工事等を行う。応急的な対応ではなく、施設の恒久的な機能を復帰するもので、限られた期間とはいえ新設と同様の情報収集、分析が必要となる。応急復旧の場合は各個所や施設間の情報交換と事業調整のみで十分であるが、本復旧の場合には、これに加えて地域の計画—たとえば緊急輸送道路に関する計画等—との整合をとる必要があり、柔軟な情報交換機能を持つのがよい。

3.2.5 体制支援段階における活動と情報およびシステム要求機能

(D.1) 体制活動状況の明示と伝達

(D.1.1) 体制レベル情報→共通機能（特に情報の表示が重要）

(D.1.2) 要員の安否・参集・配備状況→情報管理機能[4.4.2]

(D.2) 体制活動の拠点施設・設備の状況把握

(D.2.1) 建物等施設の被災状況・修復状況→地上活動支援機能[4.3.4]

(D.2.2) 電源・通信等設備の被災状況・稼動状況→地上活動支援機能[4.3.4]

(D.3) 体制活動支援物資の管理

(D.3.1) 物資備蓄・配備状況→情報管理機能[4.4.2]

【解説】

震災対策の各段階は、施設被害に対する対応や復旧に直接関係するものであるが、これらの活動を円滑に行うために、震災対策の活動全般を通して体制を支援することが行われる。ここではこれを体制支援段階とし、以下のような活動において扱われる情報とその機能の関連を示した。

(D. 1) 体制活動状況の明示と伝達

震災対策体制が各時点でどのように活動しているかを周知し、また体制を構成する要員の状況を適切に把握することは、震災対策活動を遂行する上で必須の条件である。

①体制レベル情報

たとえば震災対策体制が現在どのようなレベルにあるか、各要員がどのような行動をとるべきかなどについて周知することで、整合が取れた震災対策活動が可能となる。これを実現するのは、現在すでに用いられているネットワーク技術を用いることですぐにでも可能であるが、特にこの場合、情報の表示方法を階層的にするなどの工夫が必要である。

②要員の安否・参集・配備状況→情報管理機能[4. 4. 2]

震災対策体制を構成する要員あるいはその家族等の安否情報や要員の参集状況は、震災対策活動に参画できる要員を把握するために重要である。また、各要員の震災対策活動への配備状況を逐一把握することも、効率的な震災対策活動のための要員の再配備等に必要である。これらの情報は刻々と変化しますが、地震動情報のように自動的に収集されたり、施設被害情報のように明確な活動形態の中で収集されるものではないため、その集約と管理方法を工夫する必要がある。

(D. 2) 体制活動の拠点施設・設備の状況把握

震災対策活動を行う事務所等の拠点施設や設備の地震後の状況を把握し、問題がある場合には早期にこれを解消する必要がある。

①建物等施設の被災状況・修復状況

拠点となる建物等施設の地震による被災状況およびその修復状況を把握することは、震災対策活動を行う上で必要である。この際には、所管施設の点検に用いられる地上活動支援技術を準用できる。

②電源・通信等設備の被災状況・稼働状況

電源・通信設備や場合によっては震災情報システムの部分システムの地震による被災状況、稼働状況等についても、地上活動支援技術によって迅速に把握し、震災対策体制におけるフレキシブルな対応に利用する必要がある。

(D. 3) 体制活動支援物資の管理

震災対策活動を支援する食料等の物資の管理も重要である。これらは要員の安否等と同様にその入力・変更といった情報管理に注意が必要である。

4 章 震災情報システムに必要な個別の技術

4.1 一般

震災情報システムにおいては、様々な技術が組み合わせられ、連携するように導入される。本章においては、震災情報システムを構成する個別の技術について、その目的別に紹介する。震災情報システムを開発するにあたっては、必要な目的を達成するためにその時点で最新の技術動向を探るとともに、システムの要求機能と各技術の性能を比較検討するのがよい。

【解説】

本章では、震災情報システムの要素技術を、震災情報システムの機能ごとに整理して説明する。その中には一般の情報システムに用いられるのと同じ技術も多く含まれるが、本マニュアルでは震災情報システムの計画、構築のために必要なものとしてそれらをできるだけ含めるようにした。これらの技術の多くは、現在でもその機能が向上しつづけ、また新たな技術が開発されつつあるものである。したがって、震災情報システムを計画する際には、各時点において最新の技術動向を探り、適宜それらを組み入れるのがよい。ただしその際には、システムの要求機能から導かれる各技術の精度、スピード等をよく検討し、部分的に大きな無駄がなく、また機能によってはある程度の余裕を持たせたものを用いる必要がある。

本章は図 4.1.1 に示す構成となっている。一般的な震災情報システムの計画にあたっては、システムに要求される機能、性能等を検討した上でそれに用いられる技術を詳しく調査することから、震災情報システムを当初から計画する際には、第 3 章における手順により震災情報システムの要求機能、性能を明確にした上で、本章を参照することになる。ただし、既存のシステムの機能を更新したり新たな機能を追加する場合、最新の技術についてその活用方法を探る場合には、本章を直接参照することもできる。

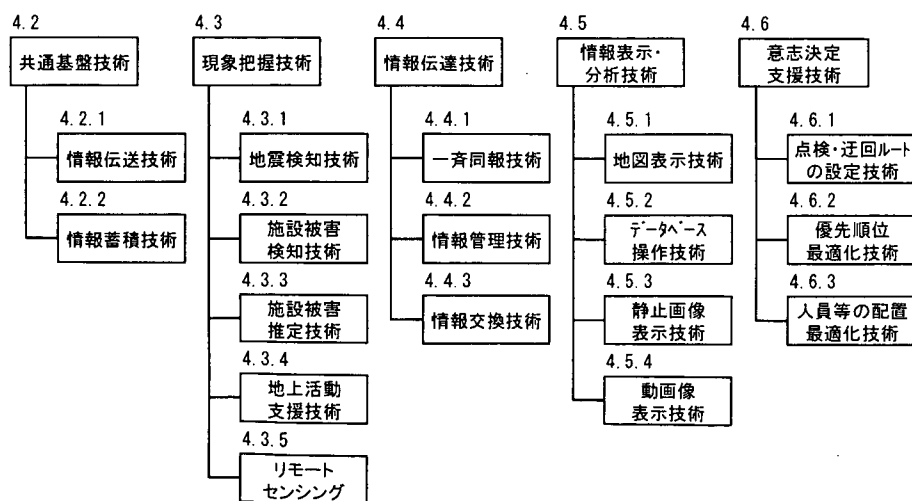


図 4.1.1 本章の構成

4.2 共通基盤として必要な技術

震災情報システムが扱う情報（震災情報）は、多くの場合電子化されたデジタル情報である。これらの情報は、平常時あるいは地震発生後に活用されるにあたって、ほとんどの場合何らかの方法で蓄積され、伝送されるため、本マニュアルではこれらの蓄積、伝送技術を共通基盤技術とする。震災情報システムの整備にあたっては、システムが扱う情報量に見合った共通基盤技術を導入し、必要に応じて拡張する必要がある。

【解説】

震災情報は、電話等を通じた音声情報、施設等の具体的な物に関する情報や、点検活動等の記録に関する抽象的な情報など様々なものを含んでいる。また具体的な物の中にも、距離標や小規模施設など点で表される情報、道路ネットワークのように線で表される情報、施設領域や都市計画区域のように面で表される情報など、さまざまな種類、形態のものが含まれる。それらの情報を大別すると、紙に描かれた図面等のアナログ情報と一定の単位に分割されて表現されたデジタル情報があるが、本マニュアルでは主としてデジタル情報を対象とする。

震災情報が扱われるにあたって、それらは現場等において収集、入力され、伝送され、蓄積されるのが一般的である。たとえば電話の音声のように蓄積されずに伝送されたものをその場で利用するだけという場合もあるが、通常はデータを後に再利用するために必ずといっていいほど記録、蓄積される。データの伝送、蓄積に関する技術は、震災情報システムにおいても様々なサブシステムが共通して利用するものであることから、本マニュアルではこれを共通基盤技術とし、本節で解説することとした。

共通基盤技術は、震災情報システムのみならず他のシステムにも用いられ、場合によっては共有されるものであるため、その整備にあたっては震災情報システムの要求性能を満足するだけの機能、性能が確保されるように留意しなければならない。また、共通基盤技術は他の技術と独立してその機能、性能を拡張することが多いと考えられるため、共通基盤技術および他の技術の整備にあたっては、できるだけ他の部分システムへの影響を与えることが少なくなるよう整備方針に留意する必要がある。

4.2.1 情報伝送技術

情報伝送には、情報を記録した媒体を輸送する方法、有線回線による方法および無線回線による方法が含まれる。また、有線・無線の回線には、一般回線を使用する場合と、独自の回線を用いる場合がある。情報伝送技術を検討する際には、それらの持つ伝送情報量、品質、リスクを考慮すべきである。

【解説】

(1) 震災時の情報伝送

情報伝送のうち最も原始的な方法は、伝送する情報を記録した媒体を輸送する方法である。この場合、輸送にかかる時間が長く、また媒体そのものの信頼性が問題となることもある。したがって、媒体による輸送は、震災時に他の伝送手段が利用不可能となった場合の手段と捉えるのがよい。ただし、有線・無線回線の容量に比べてデータ量が非常に大きく、長い伝送時間が必要な場合には、媒体による輸送が有利なこともある。媒体の種類については4-2-2で解説する。

有線あるいは無線回線による方法は、離れた二地点間をデータが直接伝送される方法である。この場

合、伝送速度は回線容量^(注)によって変化する。有線回線の場合は、光ファイバー等による高速通信が可能であるが、情報を伝送する地点間がケーブルによって接続されている必要がある。一方、無線回線の場合は、最も高速な有線回線よりは伝送速度が小さいが、遠隔地間の伝送でも間に必要な施設がほとんどない。有線回線について、震災時利用の観点から特に考慮する必要があるのは、地震あるいは施設被害等による断線である。この場合、回線ルートを二重化することによってネットワーク全体としての被害に対する余裕（リダンダンシー）を高めることが可能である。無線回線の場合には無線局の被害が問題となるが、守るべき施設が限られるため、比較的安全性が高いといえる。また、簡易に移動可能な可搬局を利用することにより、震災時において機動的に回線を解説することができる。ただし、無線回線は限られた周波数帯を多くのユーザーが利用するため、限りなく多くの回線を持つことは困難であることなどから、有線回線・無線回線の間の利用体系を整理する必要がある。なお、無線系の伝送方法には、地上局間を伝送する方法と、通信衛星を利用した方法があり、特に後者は山間地など電波が届きにくいところでも通信の可能な地域が広がる。

（注）回線容量は回線速度とも呼ばれ、単位時間あたりに伝送される情報の量によって表される。一般的には1秒間に伝送されるビット数（デジタル信号の0か1かを表す信号）すなわちbps（bits per second）あるいはこれにk（キロ）、M（メガ）、G（ギガ）などの補助単位をつけた単位で示され、この値が大きいほど多くの信号が伝送される。ただし、付加信号やデータの欠損による再送などの理由で実際の回線速度は一般に表示されている速度よりは小さくなる。

（2）情報伝送技術の種類とその特徴

（1）では、回線種別によって異なる震災時の留意点を解説したが、実際には、各種の回線が組み合わせられた情報伝送サービスが提供される。震災情報システムにおいて利用可能な情報伝送技術には、たとえば以下のようなものがある。

- ・アナログ電話回線
- ・ISDN
- ・パケット通信
- ・携帯電話・PHS
- ・地上無線
- ・衛星通信

それぞれの伝送方法について、通信速度、輻輳の可能性等について比較を行った。その結果を表4.2.1.1に示す。各項目の評価は、1995年1月の兵庫県南部地震時の状況に基づいて評価を行ったほか、携帯電話・PHSは、現在の普及率等を考慮して評価を行った。

表 4.2.1.1 主な情報伝送方法とその特徴

名 称	有線／無線	デジタル／アナログ	通信速度	輻輳の影響	震災時の通信規制	断線の危険性	導入費用の経済性	維持費用の経済性	サービス対象地域
一般公衆電話	有線	アナログ	○：56Kbps	×	×	△	◎	◎	◎
ISDN	有線	デジタル	○：64Kbps～	×	×	△	○	◎	○
パケット通信	有線	デジタル	◎：48Kbps（INS-P）～1.5Mbps（フレームリレー）	◎	○	△	△	△	△
携帯電話・PHS	無線	アナログ デジタル	○：9.6Kbps～ 32Kbps	△	△	○	◎	○	◎
無線通信	無線	アナログ デジタル	×	◎	◎	◎	—	—	—
衛星通信	無線	デジタル	×	◎	○	◎	—	—	—

◎：優れている、○：普通、△：やや劣る、×：劣る

【補足】

各々の特徴を特に震災時の利用の観点からまとめると下記のようなものである。

①アナログ電話回線

- ・各施設管理者等が独自で整備しているもの（自営線）と通信事業者の施設を顧客として利用する場合（公衆回線）がある。
- ・公衆回線の場合、地震発生直後には回線が混乱し、利用できなくなることがある。
- ・自営線の場合はこのような混乱は比較的少ないと考えられる。
- ・公衆回線の中でも、特に災害時に優先され、あるいはバックアップ回線が確保されるなど特別な措置がとられる専用回線については、震災にも強いが維持費用が固定額で割高となる。
- ・速度はそれほど速くないが、モデムを用いたコンピュータ間の通信も可能。

②デジタル回線

- ・たとえば ISDN には用いる回線の質によって二通りのサービスがあり、一般の電話と同様の金属線を利用する INS-64 と、光ファイバケーブルを利用する INS-1500 がある。
- ・INS-1500 は、INS-64 に比べて高速であり、大量に回線を敷設する防災センター等には有効である。ただしコストが高くなり、またサービス対象地域がまだ限られている。
- ・兵庫県南部地震においては、まだ通信量が少なかったため発信規制の対象とならなかったが、その後インターネットの普及により加入者が急増しているため、輻輳が発生する可能性がある。

③パケット通信

- ・デジタルデータを伝送する際に、データを小口化して効率的に伝送する方法。
- ・柔軟性に優れ、高速・大容量のデータ伝送が可能な通信方法。
- ・主にインターネットで利用される
- ・通信の安定性が高く、コンピュータ通信に適している。

④携帯電話・PHS

- ・断線の危険性が比較的低い。
- ・兵庫県南部地震の際にはまだ加入者数が少なかったため、携帯電話間では輻輳が発生しなかったが、携帯電話から加入電話にかける際に発信規制が実施された。
- ・98年7月現在で携帯電話・PHSの加入者が4000万人にを越え、兵庫県南部地震の時点に比べ約10倍以上の伸びを示している。このため、携帯電話でも輻輳、発信規制の危険性は高くなっていると考えられる。

⑤地上無線通信

- ・断線や輻輳の危険が少ない。
- ・通信速度は2400bps程度であり、大容量データの送信には向いていない。
- ・建設省専用の通信システムであるK-COSMOSなどの組織専用のシステムは確実性が高い。

⑥通信衛星

- ・通信衛星は無線通信のため、断線や輻輳の危険が少ない。
- ・周波数帯によっては、降雨等の気象条件に影響されるものがある。
- ・静止衛星の場合、見とおしや仰角の関係により通信できない場所が存在する。
- ・低軌道衛星の場合、複数の衛星が上空を周回するため、通信可能な場所が多く、他の無線通信の通信不可能な地域で特に有効である。

4.2.2 情報蓄積技術

情報蓄積は、情報を何らかの媒体に保存するとともに、情報の登録、検索、引出しを効率的に行える技術が必要である。情報蓄積技術の検討にあたっては、震災情報システムが扱う情報そのものの汎用性、継続性を考慮し、情報蓄積の構造や蓄積方法を吟味しなければならない。

【解説】

情報すなわちデータの蓄積には、通常利用されるデータを一定の機器の媒体に保存しておく場合と、データのバックアップや輸送のために取り外し可能な媒体に保存する場合がある。前者は通常の PC のハードディスクがその例であり、データはアプリケーションにより随時蓄積され、また利用される。これに対して後者の例はフロッピーディスク等であり、データの書き込み、読み出しの頻度は少ない。もちろんフロッピーディスク等の媒体を通常のデータの蓄積、利用に用いることもあるが、震災情報システムで扱うような大容量のデータの場合は、これらの外部記憶装置はバックアップ、データの輸送等の目的を中心として考える。

(1) データの通常利用のための蓄積

デジタル化された文書、地図等の大量のデータを利用するために、通常は PC 等の機器内のハードディスク装置が利用される。一般的な文書ファイル等であれば、階層化されたディレクトリ構造等によって自由に保存し利用されるが、震災情報システムにおいては、電子地図データ、施設管理情報といった大量の、しかも互いに関連関係を持ったデータを保存し、利用する必要がある。このようなデータを有効に格納し、検索等の処理を行うための方法として現在最も一般的なのは「リレーショナル・データベース(Relational Database: RDB)」と呼ばれる方法である。RDB は様々なデータベースアプリケーションで用いられている方法であるが、その利点は、異なるシステム間で SQL (Structured Query Language、4.5.2 参照) と呼ばれる共通化された方法によってデータを操作できることである。少なくともこの方法によって、異なる種類のサーバ上で構築されたデータベースを任意のクライアントで操作することが可能となる (図 4.2.2.1)。

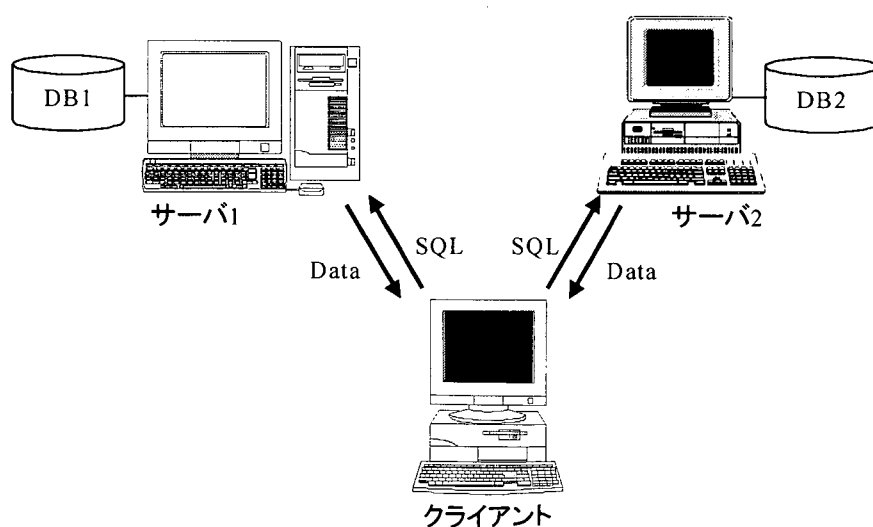


図 4.2.2.1 複数データベースの利用

(2) 記録媒体の種類とその特徴

バックアップやデータ輸送のための記録媒体には多くの種類があり、それぞれ異なる特徴をもっている。表 4.2.2.1 に代表的な保存媒体の種類とその特徴を挙げる。各評価基準は各々の記録媒体間での相対的な比較によって行っている。

表 4.2.2.1 主な保存媒体とその特徴

特徴 保存媒体	保存容量	媒体の 汎用性	信頼性	アクセ ス速度	媒体価格	1MBあたり の価格	媒体の 耐久性	動作時の 耐衝撃性
HDD	数GB～数十GB	◎	○	◎	数万円	数円	○	×
FDD	1.44MB	◎	△	×	数十円	数十円	△	△
MOディスク	最高1.3GB	○日本 △米国	◎	△	千円程度	数円	○	△
CD-R	640MB	◎	◎	○：読 △：書	数百円	1円未満	◎	○
DVD-RAM	5.2GB	△	◎	○	数千円	1円未満	○	△
PD	640MB	×	◎	○	千円台	数円	○	△
Zipドライブ	100MB	△日本 ○米国	○	○	千円台	10円程度	○	△
DATテープ	24GB	○	○	○	数千円	1円未満	△	△
コンパクトフラッシュ	48MB	△	◎	◎	数千円	数百円	◎	◎
スマートメディア	16MB	△	◎	◎	1万円程度	数百円	◎	◎

◎：優れる ○：やや優れる △：やや劣る ×：劣る

※保存媒体各種で保存容量によって選択可能（たとえばMOディスクの場合128, 230, 640MB, 1.3GB など選択可能）であるが、標準的なものを想定している。
※メディアの価格については、資料作成時点の概ねの値である。

(3) 保存媒体の選択

表 4.2.2.1 に示したように、データ記録媒体には多くの製品があり、記録方式、データ容量、1 バイトあたりの単価や耐久性などさまざまな特徴を持っている。記録媒体を選ぶ場合、その用途によって保存媒体を使い分けるのがよい。ここでは、データの利用・保存方法として、①ネットワークサーバのデータ保存（バックアップ）、②クライアント・パソコンのデータ保存（バックアップ）、③データの輸送の三つを考え、それぞれにおける媒体選択の考え方を例示する。

①ネットワークサーバのデータ保存（バックアップ）

ネットワークサーバなどの大容量データのバックアップにもっとも使われている保存媒体は、DAT などの磁気テープである。書き込み速度が遅くランダムアクセスはできないが、1 媒体あたりの記憶容量が大きく大容量のデータを一挙に格納できるため、バックアップ時の媒体の入れ替えが少なく済み、バックアップ作業が軽減できるという利点がある。また、1 バイトあたりの価格も比較的安価である。

②クライアント・パソコンのデータ保存（バックアップ）

クライアント・パソコンのフォルダまたはドライブ単位のデータ保存に関しては、最近のハードディスクの容量増加に伴って、大容量のデータに対応できる保存媒体が必要となる。想定できる最適な保存媒体は、MO、CD-R、Zip、PD など保存容量が大きく、アクセスが速い保存媒体である。バックアップ方

法としてハードディスクのデータのうち一部のファイル群だけが対象となるのであれば、それらの合計容量が媒体選択の目安となる。

③データの輸送

データ輸送として、媒体を返却しない配布などの場合は、媒体単価が安いフロッピーディスクやCD-Rが適している。また、一時的に大量のデータを輸送する場合は②に示した大容量の媒体が適しているが、その際には、輸送先での媒体の利用可能性を確認する必要がある。また、デジタルカメラ等で撮影した写真画像データの受け渡しについては、フラッシュメモリやスマートメディアが使われるが、その際にも媒体の利用環境を確認、整備する必要がある。

【補足：RDB の概念】

RDB においては、異なる種類のデータを特定のキーを通して一体的に管理することができる。たとえば図 4. 2. 2. 1 において、橋梁に関するデータを格納した表（テーブル）として tblBridge があり、各橋梁の橋脚に関するデータを格納したテーブルとして tblColumn があるとき、各々に共通な橋梁 ID を通じて統合されたデータ qryColumn が得られ、それを一つの表として扱うことができる。

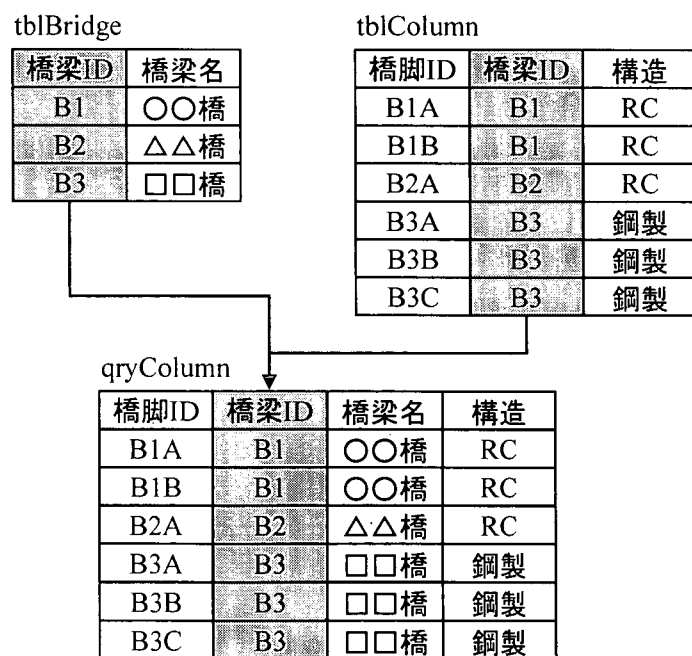


図 4. 2. 2. 2 リレーショナルデータベースのイメージ図

【補足：記憶媒体の特徴】

以下に、市場で見られる主な記憶媒体を例示する。ただしこれらの製品の開発速度は速く、その利用可能性、市場における普及度等はそのときどきで変化すると考えられる。また下記の説明は特定の媒体、メーカーの有利性を述べたものではなく、媒体の選択にあたっては、そのときどきに応じて調査を行うべきである。

①ハードディスク（固定ディスク）

本来、ハードディスクはPC等の内部記憶装置として用いられるのが一般的であるが、場合によってはこれをバックアップ用あるいはデータの輸送用に用いることも可能である。ハードディスクは高速で回転する磁気ディスク上にデータを読み書きするもので、ディスクが高速に回転するためデータの読み書きの速度が速く、またその容量も数GB～数十GB（ギガバイト：十億バイト）と大きいのが特徴である。データはハードディスクドライブの磁気ヘッドによって読み書きされるが、ディスクが回転しているときのヘッドとディスク表面の距離は1ミクロンと極めて接近しているため、衝撃に対して十分な注意が必要である。ただし、ハードディスクドライブが使用されていない場合はヘッドが安全な位置に待避するため、稼動中に比べて安全性は増す。ハードディスクは、その構造の精密さや上記のような信頼性の観点から、バックアップを頻繁にとり、また致命的な事故が発生する前に適宜交換する必要がある。

利点：アクセスが速い、容量が大きい

欠点：衝撃に弱い、携帯に適していない

②フロッピーディスク

フロッピーディスクは、プラスチック製など四角いケースに円盤状の薄い磁気ディスクが収められ、磁気によってデータを記録し読み書きできる媒体である。現在は3.5インチのものが一般的に使われており、ほとんどのPCでフロッピーディスクドライブが備え付けられている。容量に関しては、1.44MB（メガバイト：約100万バイト）のものが標準的に使われている。小さなファイルのやりとりには適しているが、データベース等の大容量のファイルを記憶するほどの容量はない。

利点：普及しており配布しやすい

欠点：データ容量が極めて少ない

③MOディスク（光磁気ディスク）

MOディスクは、レーザーと磁気でデータの読み込み、書き込みが可能で大容量の記憶装置である。現在の標準的なサイズは3.5インチで、容量に関しては128MB、230MB、640MBなどが一般的に使われており、最近では1GBを超える容量のものも出ている。ディスクを読み書きするドライブは対応している上限の容量が定まっており、たとえば230MB用のMOディスクドライブは128MB、230MBのディスクを読み書きできるが、640MBのものは扱えない。なお光磁気ディスクへの記録方法は、レーザー光を磁化されているディスク表面に照射し、熱と磁界を使って磁化方向を変えることによって情報が書き込まれる。読み込みについては、レーザー光を当て反射した光の偏光の方向を判定して行う。

利点：国内では比較的よく普及している

欠点：日本では普及しているがたとえば合衆国では普及していない

④CD-R

CD-R（CD-Recordable）のディスク形状は音楽用のCDと同じで、購入後一度だけ書き込みが可能である。書き込んだデータは、そのままCDプレーヤーやCD-ROMドライブで再生できる。書き込み可能な容量

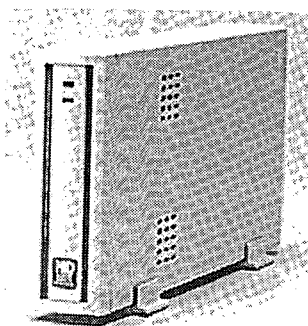


写真 4.2.2.1 外付け型のハードディスク

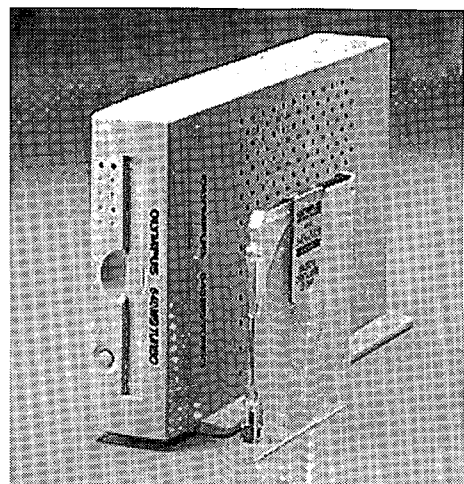


写真 4.2.2.2 MOディスクおよびMOユニット

は 650MB。一度書きこんだデータは消去できないが、媒体の価格が 100 円台からと安価であり、ほとんどの PC に装備されている CD-ROM ドライブで読むことができる。また最近の CD-R ドライブでは、データを消去することはできないが、新たなデータを追加書き込みすることは可能なものもある。これに対して、何度でも読み書き可能な CD-RW (CD-Rewritable) もあるが、媒体が高価となるほか、読み出しができない CD-ROM ドライブもある。なお、CD-R の記録面には有機色素が塗られており、レーザー光線を当てて焦げ跡を付けてデータを記録していく方法をとる。現在の主流は書き込み 2 倍速のタイプで、書き込みに時間を要する。

利点：メディアの価格が安い、ほとんどの PC において読み出し可能、比較的安全

欠点：CD-R は書き込みしかできない、書き込み速度が遅い

⑤DVD-RAM (Digital Versatile Disk RAM)

このメディアは音楽用 CD と同じ直径 12 cm の光ディスクで大容量のデジタルデータを記録再生でき、しかも何回でも消去可能である。ディスク 2 枚を張り合わせて、読み込みや書き込みに波長の短いレーザー光を使用することで大容量を実現している。片面記録と両面記録の二種類があり、それぞれの容量は 2.6GB、5.2GB と大きい。ただし、現状では複数の規格が定められており統一されていない。

利点：大容量のデータを記録できる

欠点：現状では規格が統一されていない

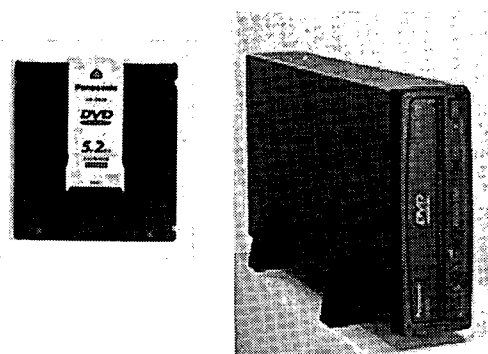


写真 4.2.2.3 DVD ディスクおよび DVD ユニット

⑥PD (Phase Change Disk)

CD と同じサイズの書き換え可能な媒体（記録メディアを専用の 5 インチカートリッジに収納している）。容量は 650MB で、DVD と同じ記録方式を採用している。価格は比較的抑えられているが普及度はそれほど高くない。1 つのドライブで PD の読み書きと CD-ROM の再生のいずれも行えるようになっていたことが大きな特徴。

利点：データの書き換えができる

欠点：あまり普及していない。

⑦ZIP

3.5 インチフロッピーよりもひと周り大きな媒体に磁気によってデータを記録する。容量は 100MB～200MB であるがデータ転送速度が速い。他のメディアに比べ 1MB あたりの媒体単価は高くなるが、ドライブ装置の価格が非常に安価である。接続方法としてプリンタポートに接続できるものもあり、導入がしやすい。日本では MO ほど普及していないが、合衆国では Zip がかなり普及している。なお、最近 ZIP の上位規格 (JAZ) として 1GB 程度の容量のものも出ている。

利点：ドライブ装置の価格が安い

欠点：日本国内では普及していない。MO に比べて容量が少ない。

媒体が高い。

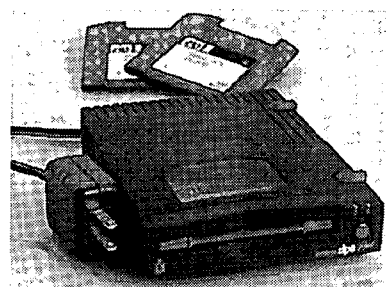


写真 4.2.2.4 Zip ディスクおよび Zip ユニット

⑧DAT (Digital Audio Taperecorder)

その名が示すように、磁気テープにデータを記録するもの。もともとは音楽用のデジタル保存媒体として開発されたが、コンピュータのデータ保存用にも使われている。カセットの大きさは、縦 54×横

73×厚さ 10.5mm と小さなサイズである。主要な記録フォーマット規格は DDS と呼ばれるものであり、最小 2GB(DDS-1) から最大 24GB(DDS-4) の記憶容量に対応している。さらにデータ圧縮を行えば、それぞれ約 2 倍のデータを格納が可能になる。DAT はその構造上データを順番に記録・読み出し（シーケンシャルアクセス）することになるので、必要なファイルにだけアクセスしたりデータを検索するような利用方法（ランダムアクセス）には向かない。用途としては、膨大なデータのバックアップや画像データの保存等が考えられる

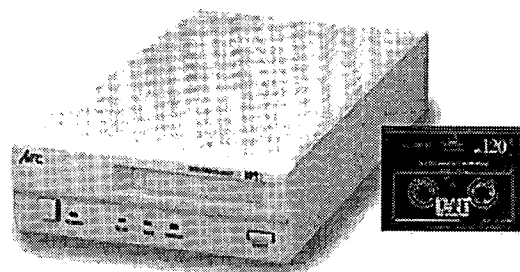


写真 4.2.2.5 DAT テープおよび DAT ユニ

利点：大容量のデータが格納できる。

欠点：ランダムアクセスには向かない。

⑨メモリーカード

メモリーカードは、媒体を取り外してもデータを記憶しつづけるメモリーで、ラップトップ PC、モバイル PC などの PC カードソケットに挿入するものや、デジタルカメラの記憶媒体として用いられる。たとえば PC カード型のメモリーカードは数メガバイト以上の容量を持ち、比較的大量のデータを迅速に輸送することができる。

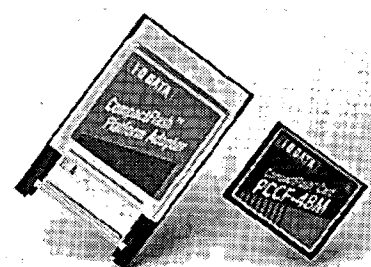


写真 4.2.2.6 コンパクトフ
ラッシュおよびアダプタ

また、デジタルカメラで用いられているコンパクトフラッシュ、スマートメディアなどの媒体も、アダプタを装着して PC カードソケット、フロッピーディスクドライブを通して利用できる。記憶容量は 4MB 程度から数十 MB までのものが販売されているが、将来的には 100MB を超える大容量のものが出荷される予定である。

利点：コンパクトである、将来大容量化が進むと予想される

欠点：価格が高い

4.3 現象把握に必要な技術

震災情報システムには、地震発生に起因して生ずる様々な現象を把握する技術が必要である。それらには、地震現象の把握に関する技術、地震による施設被害の把握に関する技術、施設被害の点検を支援する技術が含まれる

【解説】

震災情報システムの主要な機能の一つは、地震発生後の迅速な危機管理活動を支援することである。そのためには、地震の発生あるいは地震による被害の発生をいち早く検知し、初動体制を迅速に立ち上げるとともに、必要な情報を素早く収集しなければならない。本節では、地震発生時あるいはその直後に地震あるいは地震による被害等の状況を検知・把握するための技術について解説する。

4.3.1 地震検知技術

地震検知技術は、施設被害に影響がある地震動を検知し、その特性値や波形記録等を発信・伝送するものである。地震検知には、通常地震計が用いられるが、地震後に要求される様々な情報に対応するために、ディジタル型の強震計を設置するのが望ましい。

【解説】

(1) 施設管理者による地震計設置の必要性

地震検知は、施設管理者にとって、地震そのものが発生したことを知る上で必要であるとともに、施設の被害を間接的に推定するような場合の入力データとしても必要である。地震発生とその概況を知るだけならば気象庁等による地震情報を参考としてもよいが、この際にいくつか留意すべき点がある。すなわち、

- ①他機関の地震計総合すると密に配置されている場合もあるが、所管施設から離れた位置にしかない場合がある
- ②地震後即座に発表されるのは通常計測震度階のみであり、最大加速度値や SI 値といった施設の被害等との関係が深いデータについては即座には提供されない場合が多い
- ③地震直後の施設の復旧、補強に際して必要となる地震波形データの入手が必ずしも迅速に行われない
- ④情報の供給の安全性およびタイミングを必ずしもコントロールできない

最近では、インターネット上で各種機関による地震動データの表示・提供が行われつつあるが、地震後の施設管理に対して求められる迅速性の観点からは、必ずしも確実な方法とはいいがたい。したがって、上記のようなことが施設管理上の問題となる場合には、管理者によって地震計を設置し、管理・コントロールを行うことも考慮する必要がある。

(2) 地震計の概要

地震計には、非常に小さな地震動を計測する微弱地震計、強い地震動を記録する強震計、微弱地震動から強震動まで広い帯域の地震動を記録する広帯域地震計などいくつかの種類がある。施設の被害を伴う地震動を検知するためには、上記のうち強震計を用いるのがよい。強震計には、その記録方式によってアナログ型とディジタル型がある。アナログ型には、振り子によって検知した地震動を記録紙やフィルムの上の掻き傷(scratch)として残す物理方式と、地震動を電気的な信号に変換して磁気テープ等に記録する電気的な方式がある。ディジタル型は、電気的な信号に変換された地震動記録をさらにディジタル化し、メモ리카ード、フロッピーディスク等の記憶媒体に記録するものである。最近では小型・高性能の電子デバイスの開発等により、ほとんどの強震計がディジタル型であり、今後新規に地震計を設置する場合や、従来の地震計を更新する場合には、メンテナンスや記録の利活用の容易さの点からも、ディジタル型の強震計を採用することとなる。

ディジタル型強震計の主な構成要素は、換振器と制御機からなる(図 4.3.1.1)。換振器は地震動を電気信号に変換するもので、電磁誘導現象を利用したものや圧電現象を利用したものがある。また、設置場所によって、地中設置型のものと地表設置型のものがあり水密性などの性能が異なる。地中型は地中孔内に設置され、地表型はマンホール等で覆われたコンクリート架台の上に設置されるのが一般的である。一方制御機は、換振器によって変換された電気信号を必要に応じてディジタル化し、媒体保存、通信ポートへの出力等を行うほか、換振器のテストのための信号を送出するなどの制御も行う。なお、地震計には換振器と制御機が一体となったタイプのものもあり、そのようなタイプは屋内の壁面等に設置

される。このほか、液状化・流動化が観測の対象となる場合には、付近に間隙水圧計を設置する。

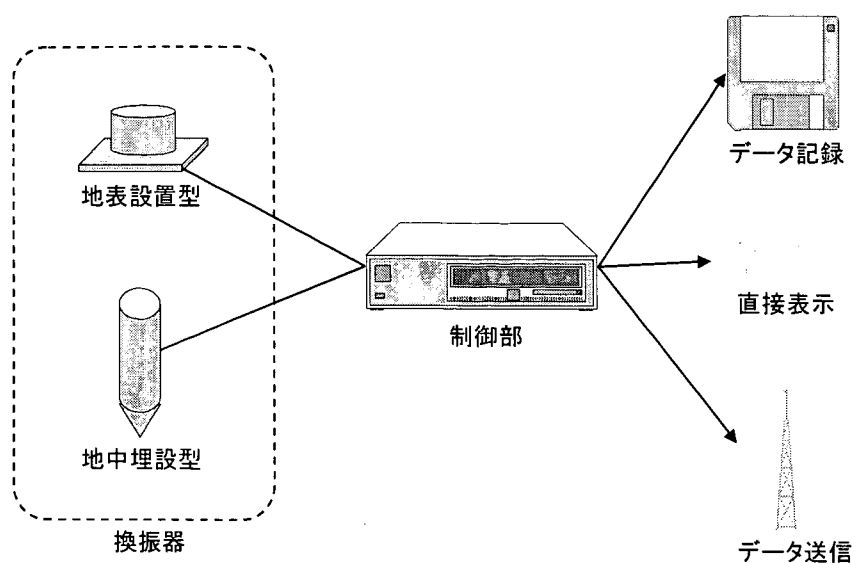


図 4.3.1.1 強震計の構成

(3) 施設管理に必要な地震動データ

地震時の施設管理の観点からは、以下のようなデータを観測する必要がある。

①地震動特性値

最大加速度値、SI(Spectral Intensity)値、計測震度あるいはその相当値等、地震動の特性を表す数値データ。それらは、設計や施設・地盤の安定性の計算に利用されるものや、施設の被害に関係をもつものである。たとえば構造物の応答点等における最大加速度値は橋梁等の耐震設計の外力に対応し、施設・地盤の設計上の地震時安定性を判断するのに役立つ。また、SI 値や計測震度相当値は、施設・地盤の被害とそれらのデータとの間に一定の関係が見出されていれば、やはり被害の判断に利用できる。

②波形データ

デジタル型強震計の場合、波形データは、一定時間間隔（サンプリングタイム）の加速度等の強さを示す数値を並べたものとなる。波形データは、構造物の地震時挙動の解析や耐震設計をより詳細に行う際に必要となるが、それらは被害が発生した直後の復旧・補強に必要となるのはもちろんのこと、被害が発生しない程度の地震であっても、地盤、構造物の地震時応答を検討し、耐震設計を高度化するためにデータを伝送あるいは蓄積するべきである。

(4) 設置にあたっての配慮

地震計の設置については、地域を代表する地点の地表に設置するか、あるいは構造物等の応答を観測する点に設置することになる。前者の場合は、できるだけ周囲の地形が平坦な地点の地表に設置すべきであるが、周囲の地形自体が山地等の急峻地形であるような場合にはこの限りではない。一方、後者の場合には、注目する構造物の地震時応答を適切に観測できるような位置に設置する必要がある。特にこの場合、後の解析のためには、地中の工学的基盤面、地表、構造物の主要各点に地震計を設置する必要があるほか、特に大規模な構造物の場合には、離れた地点間の地震動の位相差の影響にも配慮し、複数地点で観測する必要がある（図 4.3.1.2）。

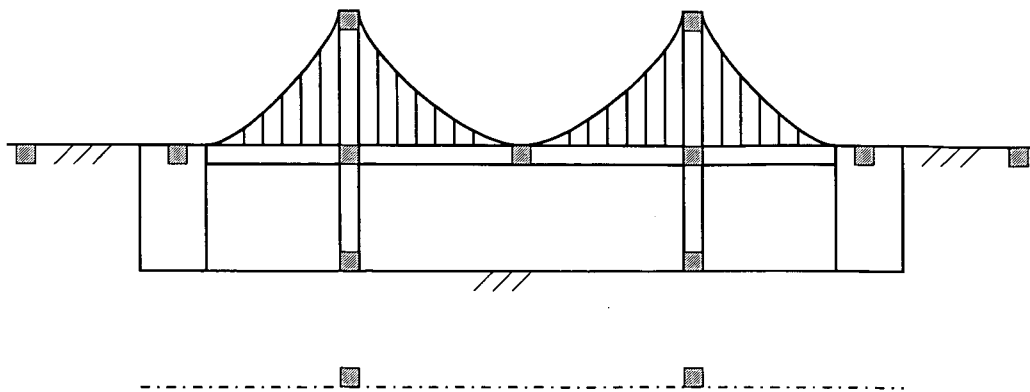


図 4.3.1.2 大規模構造物への強震計の設置の例

(5) オンライン化

地震計の数値データを地震直後の危機管理活動に活用するのであれば、オンライン化は必須である。また、数値データのみでなく、波形データについてもオンラインにより収集することを検討する必要がある。データを効率的に収集するためにデジタル型のものを設置することは有効であるが、それがオンライン化されていないければ、平常時のメンテナンス、地震時の記録の収集は人手によらなければならない。メンテナンスに関しては、本来異常がない観測地点を含めて点検活動を行うため高いコストが必要であり、また記録の収集については、地震直後の混乱期の中で、限られた員数で記録を収集するには相当の時間を要する。このような問題は、地震計のチェック、波形データの収集をオンラインで行うことにより相当軽減されることになる。

(6) 地震計の仕様

地震計についても、震災情報システムの個々のシステムと同様に、対象施設や震災対策活動の観点から必要な要求性能を明らかにしておくことが必要である。特に地震計システムを体制の起動に用いる場合、起動トリガー、伝送速度、最大記録容量や記録方法などの仕様が要求に適合するかどうかを検討しておく必要がある。

4.3.2 施設被害検知技術

施設被害検知技術は、地震直後に、施設の変状、被害を直接センサーによって検知し、その信号を伝送するものである。被害検知のためのセンサーを設置する際には、施設の広域性、重要度、検知内容や検知精度や情報伝送基盤の容量等に応じて適切なものを選択する必要がある

【解説】

地震計は地震動を検知することによって間接的に所管施設被害の可能性を把握するものであるが、主要な施設については、地震による被害を直接検知することも有効である。一般に、道路施設、河川堤防等の公共土木施設は広い地域にわたって存在するため、検知システムに要するコストと効率を勘案し、特定の重要施設の被害を高精度で集中的に監視する集中検知と、やや精度は低くても広範囲にわたる施設の被害可能性を広く検知する簡易広域検知とを適切に組み合わせるのがよい。

集中検知は施設の機能の確保や回復のために被災箇所や被災程度等の詳細な情報を収集するもので、

大規模な橋梁や土構造物など社会活動上または防災上重要な施設に適用される。一方、広範囲に分布する施設の被害をある程度大まかな区間単位で検知する方法である。連続高架橋や連続した土構造物等への適用が考えられる。その他、道路地下構造物や重要な沿道・占用施設については、重要度に応じた検知方法を選択することが望ましい。以下各項で、各施設・構造物の被害検知におけるセンサーの構成と設置方法を示す。

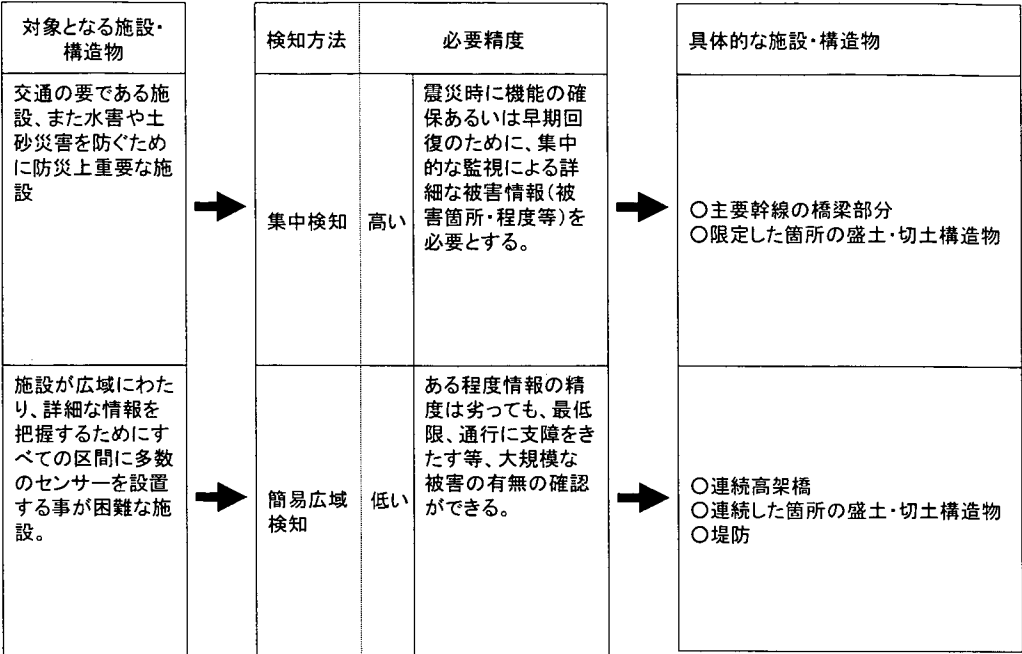


図 4.3.2.1 施設被害の検知方法

(1) 集中検知の考え方

①単独橋梁の被害検知

大規模な橋梁や交通結節点にある橋梁などの地震による被害は、橋梁の機能・安全性に障害が生じるような被害について、その有無、位置、被害の形態や程度について、ワイヤーセンサー・光ファイバーセンサーおよび変位系センサー、ひずみ系センサーを各部に設置して検知することができる。同時に、ITV カメラ等による間接的検知により被害の規模を特定することや、GPS 観測により桁等の変位を直接監視することも可能である。

表 4.3.2.1 単独橋梁の震害検知センサー

測定項目	被害形態 測箇所 センサー	落 橋				遊間の開き				路盤段差				各部の破壊			
		床版・桁	支承部	橋脚	橋台	床版・桁	支承部	橋脚	橋台	床版・桁	支承部	橋脚	橋台	床版・桁	支承部	橋脚	橋台
変位 (水平動)	伸縮計	○	—	—	—	◎	—	—	—	○	—	—	—	△	—	—	—
	変位計	○	—	—	—	◎	—	—	—	○	—	—	—	△	—	—	—
変位 (上下動)	伸縮計	○	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	△	△	△	○	△	△
	変位計	○	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	△	△	△	○	△	△
変位 (3次元)	沈下計	○	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	△	△	△	○	△	△
	光波測距儀	◎	—	△	△	◎	—	△	△	◎	—	△	△	△	—	△	△
傾斜	GPS	◎	—	△	△	◎	—	△	△	◎	—	△	△	△	—	△	△
	傾斜計	—	—	△	△	—	—	△	△	—	—	△	△	—	—	△	△
ひずみ	ひずみ計	△	—	△	△	△	—	△	△	△	—	△	△	○	—	○	○
	鉄筋計	△	—	△	△	△	×	×	×	△	—	×	×	○	—	○	○
応力	コンクリート応力計	△	—	△	△	△	×	×	×	×	—	×	×	○	—	○	○
	土圧計	—	—	—	△	—	—	—	△	—	—	—	△	—	—	—	△
断線検知	ワイヤーセンサー	—	○	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	△	—	—
変位検知	光ファイバーセンサー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—
間接的検知	ITVカメラ等	—	◎	—	—	—	◎	—	—	—	◎	—	—	—	—	◎	—

◎: 事象の有無および程度・位置等を検知、○: 事象の有無を検知、△: 事象の可能性を検知、×: 検知不可、—: 対象外

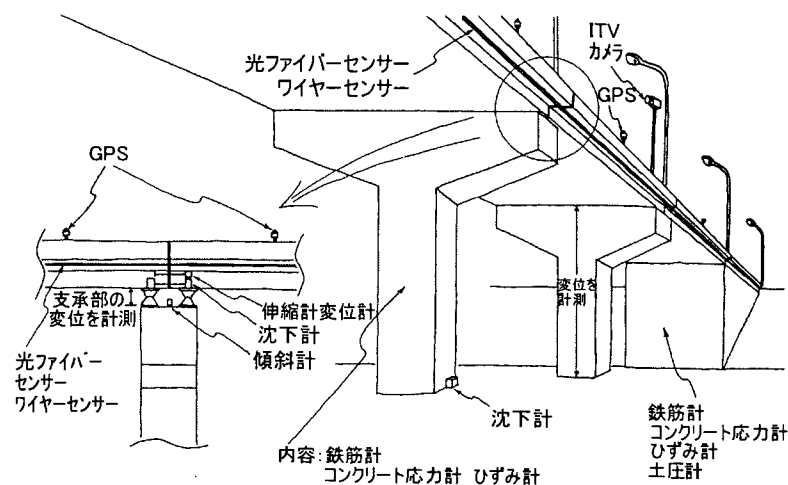


図 4.3.2.2 単独橋梁の震害検知センサーの設置イメージ

②限定された箇所における盛土・切土構造物の被害検知

大規模な土構造物や交通結節点にある盛土・切土構造物の被害は、付帯施設の機能に障害が生じるような大規模な崩壊から小規模な崩壊について、発生の有無、位置、被害形態・程度を、ワイヤーセンサー、光ファイバーセンサーにより検知することができる。同時に、ITV カメラ等による間接的検知により被害の規模を特定することも可能である。このほか、高精度のGPS 連続観測によれば地表の三次元的な変動量の計測を行うこともできる。また土構造物については、上記のようなセンサーや地下水位等を計測することによって、事前に危険度の増加を検知することができる場合もある。

表 4.3.2.2 限定された箇所における土構造物の被害検知センサー

測定項目	被害形態 計	崩壊（施設の被害の有無）			崩壊			崩壊の可能性		
		地表	地中	擁壁等	地表	地中	擁壁等	地表	地中	擁壁等
変位	伸縮計	△	△	—	△	△	—	◎	◎	—
	変位計	△	△	—	△	△	—	◎	◎	—
変位 (3次元)	光波測距儀	△	—	△	△	—	△	◎	—	○
	GPS	△	—	△	△	—	△	◎	—	○
沈下	沈下計	—	△	—	—	△	—	—	◎	—
傾斜	傾斜計	—	△	—	—	△	—	—	◎	—
ひずみ	パイプひずみ計	—	△	—	—	△	—	—	◎	—
	ひずみ計	—	—	△	—	—	△	—	—	○
土圧	土圧計	—	—	△	—	—	△	—	—	○
荷重	エンターホール荷重計	—	—	△	—	—	△	—	—	○
地下水位	地下水位計	—	△	—	—	△	—	—	△	—
間隙水圧	間隙水圧計	—	△	—	—	△	—	—	△	—
雨量	雨量計	×	—	—	×	—	—	△	—	—
断線検知	ワイヤーセンサー	○	—	○	○	—	○	×	—	×
変状検知	光ファイバーセンサー	○	—	○	◎	—	◎	◎	—	○
間接的検知	ITVカメラ等	◎	—	—	◎	—	—	×	—	—

◎: 事象の有無および程度・位置等を検知、○: 事象の有無を検知、△: 事象の可能性を検知、×: 検知不可、—: 対象外

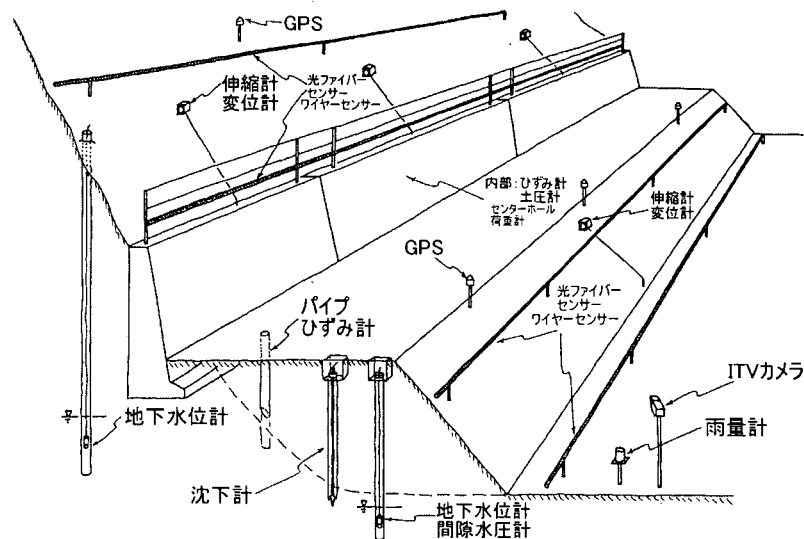


図 4.3.2.3 限定した盛土・切土構造物の震害検知センサーの設置イメージ

(2) 簡易広域検知の考え方

広域にわたって分布する連続高架橋や土構造物の被害を検知する場合、被害の箇所や程度に関する精度を落としても、広域施設の被害の概略箇所を知ることが有効な場合もある。このような場合、ワイヤースセンサー、光ファイバーセンサー等によって被害が発生した区間を検知することが考えられる。これらのセンサーにより、異常発生の有無あるいはその可能性のみが報され、またその位置については、ある程度の範囲の区間単位で検知される。その後の点検等によって改めて被害の状況を把握しなければならないが、少なくとも注意が必要な規模以上の被害が生じたエリアを特定することができる(表 4.3.2.3、表 4.3.2.4)。

表 4.3.2.3 連続高架橋の被害検知センサー

測定項目	被害形態	落橋	遊間の開き	路盤段差	各部の破壊		
	計測箇所 センサー	床版・桁	床版・桁	床版・桁	床版・桁	橋脚	橋台
変位 (水平動)	伸縮計	○	◎	○	△	—	—
	変位計	○	◎	○	△	—	—
変位 (上下動)	伸縮計	○	△	◎	△	△	△
	変位計	○	△	◎	△	△	△
	沈下計	○	△	◎	△	△	△
断線検知	ワイヤースセンサー	○	○	○	—	△	—
変状検知	光ファイバーセンサー	○	○	○	—	△	—
間接的検知	ITVカメラ等	◎	○	○	—	○	—

◎: 事象の有無および程度・位置等を検知、○: 事象の有無を検知、△: 事象の可能性を検知、×: 検知不可、—: 対象外

表 4.3.2.4 連続した箇所における土構造物の被害検知センサー

測定項目	被害形態	崩壊 (施設の被害の有無)	崩壊	崩壊の可能性	
	所 センサー	地表	地表	地表	地中
変位	伸縮計	△	△	◎	◎
傾斜	地下水位計	—	—	—	◎
地下水位	間隙水圧計	—	—	—	△
雨量	雨量計	×	×	△	—
断線検知	ワイヤースセンサー	○	○	×	—
変状検知	光ファイバーセンサー	○	◎	◎	—
間接的検知	ITVカメラ等	◎	◎	×	—

◎: 事象の有無および程度・位置等を検知、○: 事象の有無を検知、△: 事象の可能性を検知、×: 検知不可、—: 対象外

(3) その他

①道路の路面被害

道路の路面被害は交通機能に直接影響を与えることから、これを検知することが望ましいが、一般的なセンサーによって現象を検知するのは困難である。そこで、特に重要な箇所の周辺については ITV カメラを設置することによって被害状況を監視できる。また、平常時の交通量観測のために路面下にセンサーを埋設している場合、その信号の途絶から被害の可能性を判断するなど、平常時に利用されるセンサー等の情報を活用することも考慮するのがよい。

②地下構造物・埋設物の被害

地下構造物・埋設物の被災は、その表面および内側に沿った線状のセンサーあるいは継ぎ手部をまたぐセンサーを設置することにより検知することが可能である。また、マンホール等の路面上への突出については、マンホール表面に直角に設置した断線型のセンサーによりその有無を検知することが可能である。地下構造物には道路のように広域的なネットワークを形成しているものも多く、コストの観点から全線にセンサーを設置することが困難な場合は、重要度に応じて設置地点・区間を検討する必要がある（表 4.3.2.5、図 4.3.2.4）

表 4.3.2.5 道路地下構造物の被害検知センサー

測定項目	センサー	被害形態 計測箇所	道路地下構造物の被害検知センサー					
			道路の被災		地下構造物・埋設物の被災			
			亀裂・陥没・段差等	変形	変形	断裂	路面上への突出	
			地表	表面・内部	地表	表面・内部	地表	表面・内部
変位	変位計		—	△	—	◎	—	◎
断線検知	ワイヤーセンサー		◎	△	—	◎	—	◎
変状検知	ファイバーセンサー		◎	◎	—	◎	—	◎
間接的検知	ITVカメラ等		◎	—	△	—	△	◎

◎: 事象の有無および程度・位置等を検知、○: 事象の有無を検知、△: 事象の可能性を検知、×: 検知不可、—: 対象外

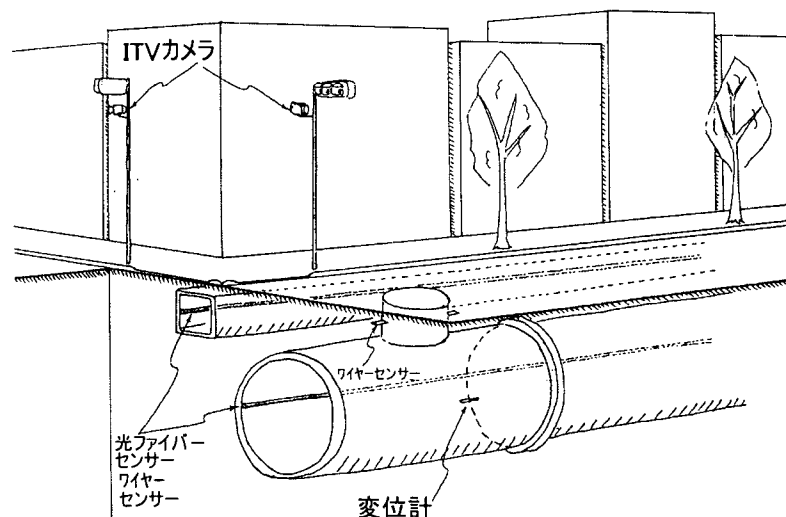


図 4.3.2.4 道路地下構造物の震害検知センサーの設置イメージ

③沿道・占用施設等の周辺施設の被害および周辺状況の検知

周辺施設の被害が所管施設の機能に影響を与えるような場合には、これも検知することが望ましい。また、地震後の道路交通状況等の周辺状況は迂回路設定のような地震後の対策における重要な情報であり、検知することが望ましい。たとえば道路の場合、交通機能に障害を及ぼす沿道・占用施設の被害形態、道路交通状況には以下のようなものが考えられる。

占用施設：歩道橋等の上空占用施設の倒壊

沿道施設：建築物、電柱等の倒壊

道路状況：交通渋滞、交通事故、火災等

このうち上空占用施設の倒壊は、ワイヤーセンサーや光ファイバーセンサーなどが設置可能であれば、被害あるいはその影響の有無を検知することが可能である。これに対し、沿道施設および道路上で被害が生じた場合、交通機能への影響は大きいものの、全ての沿道施設についてセンサー等を設置することが難しいことから、ITV カメラを用いた間接的な検知による状況の把握が有効である。しかし、コストの点から高密度に設置することは難しいため、ポイントを絞って設置する必要がある（表 4.3.2.6、図 4.3.2.5）。

表 4.3.2.6 周辺施設の被害および周辺状況の検知センサー

測定項目	被害形態 計測箇所 センサー	占用施設	沿道施設		道路状況
		歩道橋等の倒壊 地表・施設	建築物等の倒壊 地表・施設	電柱等の倒壊 地表・施設	交通渋滞・交通事故・火災 地表
変位	変位計	◎	—	—	—
変位（3次元）	GPS	◎	—	—	—
断線検知	ワイヤーセンサー	◎	—	—	—
変状検知	光ファイバーセンサー	◎	—	—	—
間接的検知	ITVカメラ等	◎	◎	◎	◎

◎：事象の有無および程度・位置等を検知、○：事象の有無を検知、△：事象の可能性を検知、×：検知不可、—：対象外

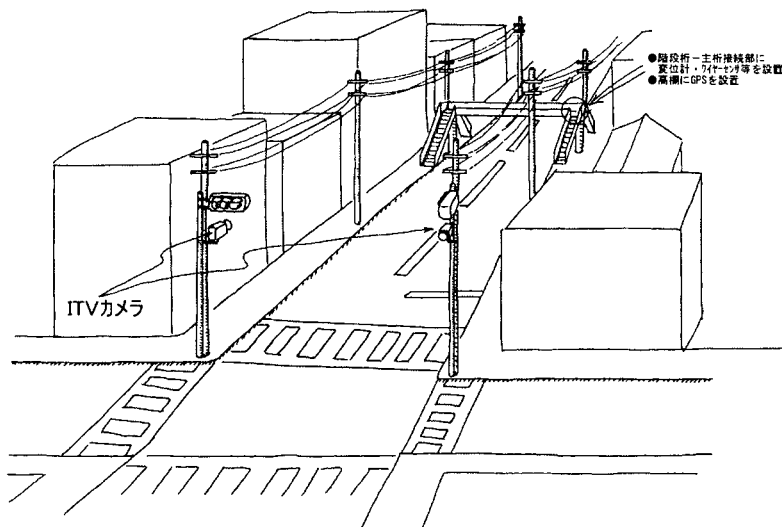


図 4.3.2.5 周辺施設の被害および周辺状況の検知センサーの設置イメージ

表 4-3-2-1～6 中、「—：対象外」とは、センサーの機能・精度とは関係なく、検知項目とセンサーが関係しないものや、実際上あるいは制度上当該センサーにより検知を行うのが現実的でないことを指す。

4.3.3 施設被害推定技術

施設被害推定技術は、施設の変状や被害を地震動等の情報を用いて間接的に推定する技術である。広域にわたって存在する多数の所管施設の被害を直接検知するためにセンサーを設置するのが困難な場合、施設被害を短時間で概略推定する技術は、緊急点検等の初動対応の判断に有用なデータを与える。

公共土木施設のように、広い地域に施設が分布あるいは点在する場合、それらのすべてに被害検知のためのセンサーを設置することが不可能な場合や、長い期間を要する場合がある。そのような場合には、各施設の被害状態を地震発生後短時間で推定する技術、すなわち即時被害推定技術（あるいは即時被害予測技術）が有効である。即時被害推定技術に必要なデータは以下のとおりである。

- ①地震動データ：地震発生直後に地震計から伝送されるデータ。地震計が充分高速な通信回線によって接続されていれば波形を直接送ってもよいが、通常は、高速にデータを収集するため、最大加速度、SI など地震動の特性を代表し直接推定計算に利用可能な値（地震動特性値）を地震計側で計算し、伝送する。
- ②施設・地盤データ：被害を推定する施設の設計条件、施設がある地点あるいはその周辺の地盤データ。迅速な推定計算を行うために、施設の設計条件から、あらかじめ必要なデータを計算しておくことが場合によっては必要。

地震計データに基づく即時推定の一般的な計算手順は以下の段階からなる。

- ①地震動データの取得：地震直後に推定対象地域におけるデータを通信により取得する。
- ②推定地点における地震動特性値の計算：通常、地震計は推定地点とは異なる地点に設置されているため、地震計設置点で取得されたデータを施設等の推定地点におけるデータに変換しなければならない。一般的には、観測データを補完することによって推定地点のデータを計算する。
- ③施設被災の推定：推定地点で得られた地震動特性値と、当該施設等のデータ、地盤データに基づき、施設の被災を推定する。施設被災の表現は、即時推定の速度向上のため、「被害大・小」、「被災度 A、B」といったランクによるものが一般的である。被災度の推定計算は、被災推定モジュールに地震動特性値と施設・地盤データを入力して行う。被災推定モジュールとしては、地震動特性値に対応した損傷度曲線(flagillity curve)に基づく方法、地震動特性値と損傷度の関係をあらかじめ計算のうえ表（損傷度テーブル）として記憶し、テーブル比較によって被災度を決定する方法などが考えられる。

図 4. 3. 3. 1 に即時被害推定の手順とその事例を示す。

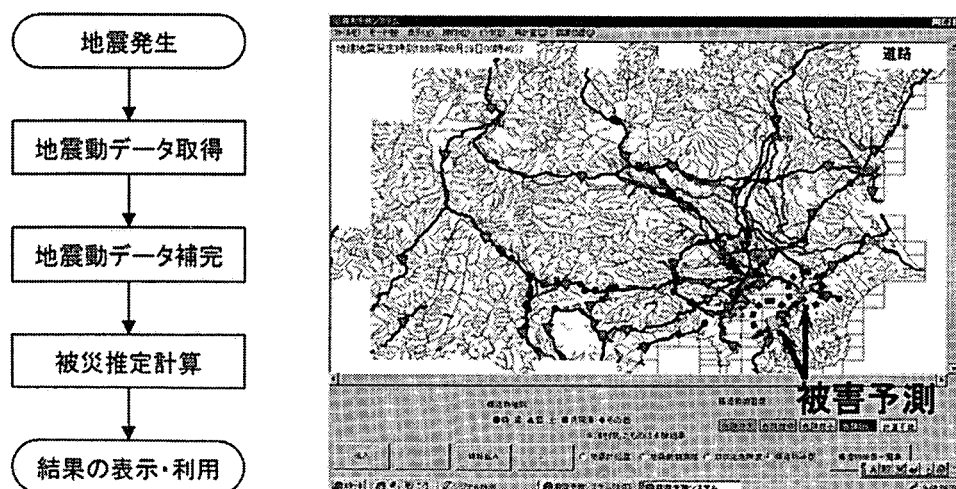


図 4. 3. 3. 1 即時震害推定の手順とその事例

即時被害推定は、広域に分布する施設のすべてにセンサーや通信設備を設置するよりは安価に、施設

の概ねの被害程度を知ることができる。その結果を活用することにより、地震直後の点検活動を行う際に、特に注意すべき箇所を特定することができる。地震計のデータのみでもこのようなことはある程度可能であるが、必ずしも施設位置付近で地震動データが得られるとは限らないこと、施設によって同じ地震動でも被災程度が異なる可能性があることから、即時被害推定技術によってより現実的な各構造物の被災程度を把握することが可能である。

【補足】

図 4.3.3.2 に地震動特性値の補完の考え方を示す。○は強震計の換振器位置を示し、●は被害を推定する構造物等の位置を示す。(a)の方法は、被害を推定する構造物の近傍にある地震動の特性値から構造物位置の特性値を求め、その値に基づいて被害予測を行うことを意味している。(b)の方法は、各換振器のデータを工学的基盤面の値に一旦変換し、基盤面上で構造物位置の特性値を計算し、それをもう一度地表に戻している。基盤から地表まで地震動が伝わる間の影響を除きたい場合にはこの方法を採用することになるが、その際には、各換振器位置や構造物位置における地質データが必要となる。(c)の方法は、換振器位置の特性値からあらかじめ定めた格子点上の値を求め、その値を使って構造物位置での特性値を計算する方法である。地震計のうちのいくつかが故障などで欠測した場合、(a)や(b)の方法では計算が煩雑になったり計算不能となることがあるが、この方法の場合には欠測、新設などに柔軟に対応できる。(d)の方法は、(b)と同じくこれを基盤面上で行うことを示している。

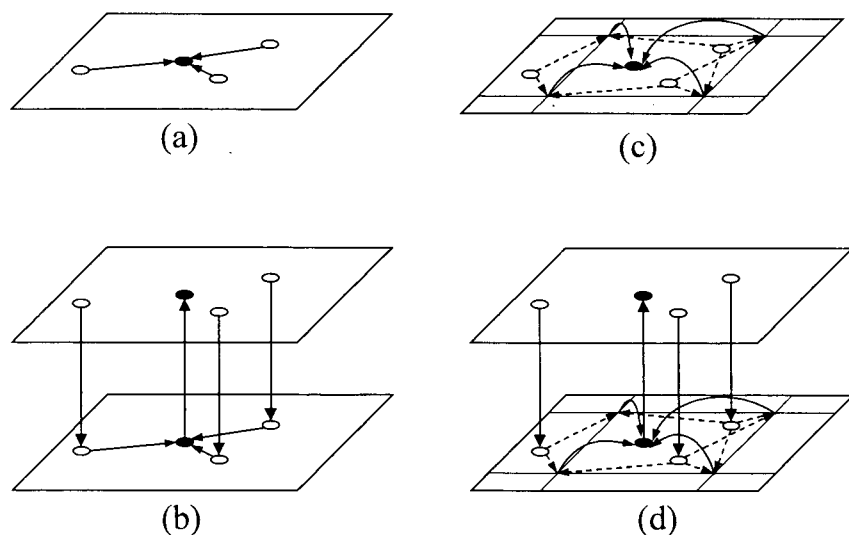


図 4.3.3.2 地震動特性値の補完の考え方

図 4.3.3.3 は構造物の損傷度曲線と損傷度を求めるテーブルのイメージを示したものである。損傷度曲線は、地震動特性値以外のパラメータ（たとえば地盤種別）がある場合にはそれに応じて複数得られる。テーブルの場合には、この値をあらかじめ計算しておき、最大加速度値、SI 値等の地震動特性値が得られれば即座に損傷度を選ぶことができ、処理の高速化が図られる。

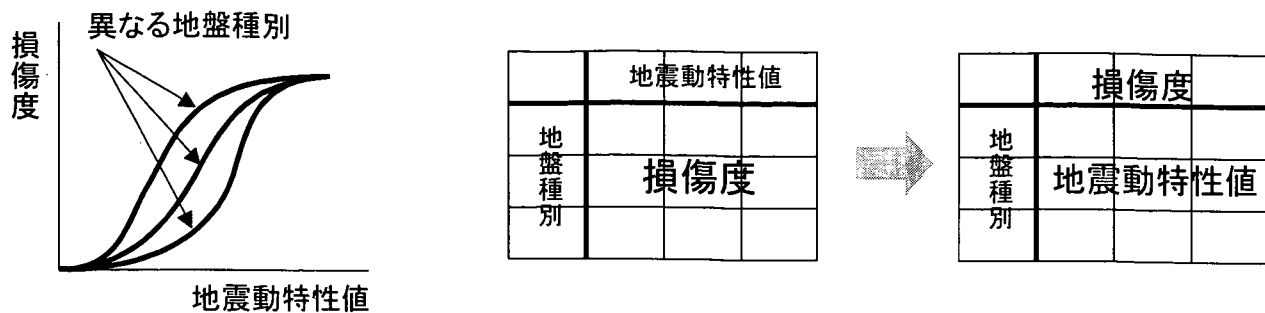


図 4.3.3.3 損傷度曲線と損傷度テーブルのイメージ

4.3.4 地上活動支援技術

地上活動支援技術は、地震直後の緊急点検等の現場における活動の際に、要員の活動を支援し、また効率的に情報を収集するための技術である。地上活動支援技術には以下のものが含まれる。

- ・地上活動に関する要員、機材等の位置特定技術
- ・活動内容の記録技術
- ・被害状況等の静止画像・動画像を記録する技術

【解説】

震災対策に関する地上活動には、点検、緊急対応、復旧等のさまざまな活動が含まれるが、ここでは施設の点検を例にとって解説する。地上点検において重要となるのは、どの構造物がどういった被災状態であるかを迅速に記録することにある。場合によっては点検中の現場で即座に対策を取ることも考えられるが、本項では地上点検の一義的な目的を構造物等の被害状況の把握とする。点検班の位置特定技術は、点検班の活動状況の把握と適切な指示に資するほか、混乱した現場や不慣れな要員が点検を行う際でも現在位置を点検要員に的確にフィードバックすることが可能となる。点検内容の記録および静止画像・動画像の記録技術は、被災度ランクや被災状況に関するテキストデータ、被災状況を表す絵、写真、ビデオ画像などを記録する技術で、点検活動の本来目的である。

これらの目的を達成するためには、①現場で迅速に情報を入出力する機器、②現場と事務所等の間で情報を伝送する手段、③点検班の位置を特定する技術が必要であるが、以下にそれらについて解説する。

①入出力機器

現場において施設被災等の情報を入力し、点検に必要な情報を出力する機器で、いわゆるモバイルコンピュータ（携帯型情報端末）によって実現できる。入力はいき操作による文字入力、マウスあるいはこれと同等のポインティングデバイスで、場合によっては内臓のカメラや音声認識機能が利用できることもある。なお、静止画像、動画像を記録する技術については4.5.3において解説する。

②情報伝送手段

情報伝送に関する技術については4.2.1で解説したが、現場と間の情報伝送は、ほとんどの場合無線系による移動通信となる（ただし、所管施設管理用の光ケーブル等が利用できる場合もある）。現在利用可能な移動体通信サービスを、表4.3.4.1に示す。

表 4.3.4.1 主な移動体通信サービスの性能比較

種類	通信速度	基地局エリア	通信可能エリア	システム例
PHS	33,600bps	直径約300m	主として都市内、ただし通話可能エリアが少ない ・地下・屋内○ ・移動しながら通信可能(約20km/h以下)	
携帯電話	9,600bps	半径2～数km	都市内及び主要道路沿い ・地下・屋内× ・移動しながら通信可能	
衛星電話 (静止衛星)	2,400bps	直接通信の場合制限なし、その他は基地局のシステムによる	周囲に建物や山などの障害物が少ない所が望ましい ・地下・屋内×	インマルサット(KDD) N-STAR(NTT)
衛星電話 (周回衛星)	2,400bps (イリジウムの例)	直径約4,400km (イリジウムの例)	周囲に建物や山などの障害物が少ない所が望ましい ・地下・屋内×	イリジウム オーブコム グローバルスター ICO

※これらと同様の技術を用いた専用回線による通信手段の利用も考慮する。

③位置特定機能

位置特定のために現在最も有力な技術は GPS 測位システム(Global Positioning System)であり、このほかに PHS による簡易測位、VICS 対応車載機による位置特定も考えられる。GPS は災害時にも衛星を見と出すことさえできれば位置特定が可能であり震災時の位置特定システムとしても有力であるが、通常の誤差は 30～100m 程度になり、また永続的に民生利用が保証されてはいない点に注意を要する。精度については、別途固定局を設け、その固定局との間で通信しながら精度を上げる D-GPS(Differential GPS)によって 10m 以内の誤差まで高精度化が可能。VICS の場合には、自身の位置を特定するだけでなく、周辺の交通状況等の情報を入手することも可能である。

地上点検のための技術は、一般に流通しているハードウェア、ソフトウェアだけを用いても相当の機能が実現できる。たとえば、市販のモバイル PC とそれに接続可能な GPS アンテナ、ティジタルカメラおよび携帯電話を準備し、必要なソフトウェアが備わっていれば、現場での現在位置確認、データの入力や画像の撮影とその伝送が比較的簡単に行える。一方で、より体系化されたデータベースへのアクセスや効率的なデータ管理を行うためには、ある程度体系だった情報とシステムの構築が必要となる場合もある。

地上点検支援技術を利用した地上点検業務の高度化イメージを図 4.3.4.1 に示す。このような技術を導入した場合、以下のような利点がある。

①状況把握の迅速化

被災現場の状況が画像情報を含めて事務所等に送信されるため、災害対策現地本部等の情報センターにおいて迅速で効率的な状況把握が可能となる。

② 意志決定の迅速化

迅速で効率的な状況把握の結果、詳細点検や現場の状況に基づく対応策の検討と指示などの意志決定を、全体的な状況に基づいて迅速に行なうことが可能となる。

③事務所における点検結果整理作業の効率化

点検結果の統一されたフォーマットによる整理が可能となり、被災状況やそれらへの対応状況を、対象地域内で包括的に確認することが可能となる。

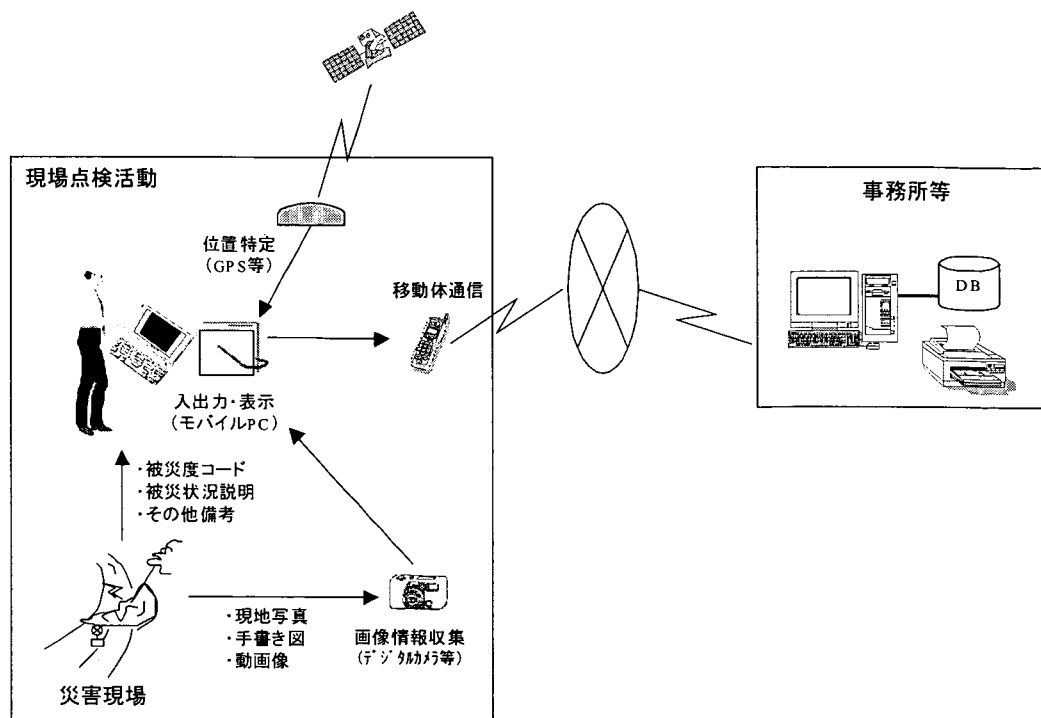


図 4.3.4.1 モバイルコンピューティングによる地上点検イメージ

なお、これらの技術を導入するにあたって留意すべき点は下記のとおりである。

地図データの活用：点検活動の状況把握や点検要員による現在位置の特定などは、地図データが利用できて初めて有効となるものである。ただし、本項で解説したシステムで本質的に必要なのは位置情報や被災情報であり、地図情報はこれをサポートするものであるため、たとえば全機器に同じ GIS を導入することは必ずしも必要とは限らない。

機器操作の習熟：一般によく指摘されるのは、災害時において込み入った機器操作が可能かどうかということである。これについては、システムの機能を平常時と共通化し、日常の管理に用いることでその効果が向上する。また CALS 等の情報化が業務全体として浸透してゆくのは今後の流れであり、震災時にも同様の操作が要員に要求されるのは時代の流れといってよい。

緊急時の利用可能性：地震発生時における機器の利用性や電源の確保等の危機管理は重要であり、これについては第 5 章で解説する。

【補足：GPS】

・GPS (Global Positioning System：汎地球衛星測位システム)

合衆国国防省により運行・管理されている NAVSTAR 衛星からの信号を利用して正確な位置測定を行うシステム。GPS は複数の航法用人工衛星からの電波を受信し、その伝搬遅延時間を測定することにより、絶対位置座標（緯度・経度・高度・時刻）や移動方向、速度をリアルタイムで取得する。単独の受信機による測位精度は 30～100m 程度とされている。また、現在、ディファレンシャル GPS (DGPS) やリアルタイム・キネマティック GPS (RTK-GPS) 等の技術を用いて、10m 以下の精度を得ることもできる。

・DGPS と RTK-GPS

GPS の電波信号は、米国国防総省が国防上の理由で故意に精度を落としており (Selective

Availability: SA)、一つの受信機のみを用いた単独測位では、最大 100m 程度の誤差が発生してしまう。このため、複数の受信機で測位する相対測位方式によって精度の向上が図られる。相対測位には、ディファレンシャル GPS (DGPS)、リアルタイム・キネマティック GPS (RTK-GPS) が含まれる。

DGPS は既に正確な位置のわかっている基準局と利用者である移動局とで構成される。基準局は定点に設置され、測位結果から補正值を計算し、この補正值を移動局に送信する。移動局は受信した補正值を用いて誤差を消去し高精度測位を行うものである (図 4.3.4.2)。DGPS 方式により、通常は、10m 程度、高精度なもので 1m 程度の測位精度を実現できる。現時点では、海上保安庁と(株)衛星測位情報センターが GPS 基準局の設置及び補正情報の提供を行っている。前者は海上移動業務の無線局向けのビーコンを用いているが、後者は FM 多重放送を利用した配信サービスでカーナビゲーションに普及している。基準局から 200~300km 以内の地域であれば受信可能である。

RTK-GPS も DGPS と同様に基準局と移動局からなる。この方法では、衛星から送られて来る電波の搬送波の位相差に基づいて数 cm の測位精度を実現できる。RTK-GPS は、精度が高い反面、装置が高価であり、また移動局の行動範囲が限定される。

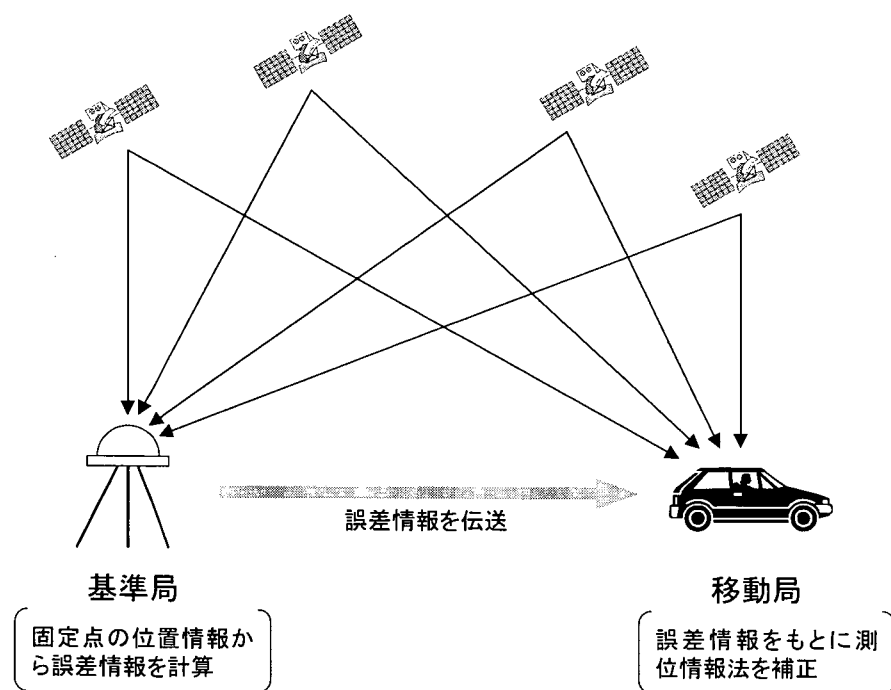


図 4.3.4.2 DGPS の測位方法

【補足：PHS 測位】

PHS の基地局は、1 台が直径約 300m をカバーしておりサービスエリア全体がくまなくカバーされている。PHS 端末と通信基地局上位 3 つの位置と電界強度から、三角測量の原理を応用して位置を求めることができる。測位精度は約 100m である。PHS 測位の留意点としては、PHS 基地局が設置された場所でのみ利用可能であること、地震時に基地局が被災しないのが条件であることが挙げられる。

【補足：VICS (道路交通情報通信システム)】

VICS は道路を走行中の車両に対して道路に設置されたビーコンや FM 多重放送によって交通状況や交

通規制に関する情報を提供するシステムである。このシステムによって、点検班の車両の位置が特定できるほか、VICSにより提供される渋滞等の情報は点検班にとっても有力な情報となる。このほかのVICSと震災情報システムの連携方法としては、点検班への情報をVICSを通して配信したり、点検結果に関する情報をVICSを通じて集めることが考えられるが、この場合はVICS全体としての機能改変が必要となる。

4.3.5 リモートセンシングによる上空からの被害状況把握技術

リモートセンシングによる上空からの被害状況把握技術は、地上点検よりも迅速に、施設被害の概略を上空から把握する技術である。しかしながら、被害程度が特に大きい場合など、地上における緊急点検と同程度の情報を得ることができる。上空からの被害状況把握技術には以下のものが含まれる。

- ・ヘリコプター等のプラットフォームの位置あるいは被災現場の位置を特定する技術
- ・被害状況の画像を分析する技術

【解説】

(1) リモートセンシングの概念

リモートセンシングは、対象物から反射または放射される電磁波（可視光）等を観測することにより、非接触で物体を識別したり、またその性質を分析する技術をいう。リモートセンシング画像より、地上の物体の識別、地表の植生や水分量等の性質を把握できる。震災対策上は、被災した施設の発見やその被害程度の特定、活断層の存在等、地震発生前のリスク把握、地震発生後の状況把握の双方に利用可能である。リモートセンシング技術は、対象物から電磁波等を受ける装置（センサ：カメラ、スキャナ等）と、センサを搭載する移動体（プラットフォーム：ヘリコプター、航空機、人工衛星等）とで構成される。センサとプラットフォームの組み合わせも様々で、利用目的に適した組み合わせのデータを選択する必要がある。

(2) プラットフォームの種類

表 4.3.5.1 は、リモートセンシングで利用可能なプラットフォームの高度及び目的・用途をまとめたものである。プラットフォームのうち最も高高度のものが気象衛星ひまわりに代表される静止衛星で、次いで高いのが Landsat, SPOT 等の周回軌道を持つ地球観測衛星である。以下、高高度～中高度の飛行機やヘリコプターから地上測定車と続く。高度が高いほど広範囲を同時に観測できる反面、地上分解能は低下する。

表 4.3.5.1 プラットフォームの種類

プラットフォーム	高度	目的・用途	特徴
静止衛星	36,000km	定点地球観測	・観測範囲が広い ・地上分解能が低い ↑
円軌道衛星 (地球観測衛星)	500km～1,000km	定期地球観測	
スペースシャトル (宇宙連絡船)	240km～350km	不定期地球観測 宇宙実験	
ゾンデ	100m～100km	各種調査 (気象、その他)	
高高度ジェット機	10,000～12,000m	偵察 広域調査	
低中高度飛行機	500～8,000m	各種調査 航空写真測量	
飛行船	500～3,000m	空中偵察 各種調査	
ヘリコプター	100～2,000m	各種調査 写真測量	
ラジコン機	500m以下	各種調査 写真測量	
ハングブレーン	50～500m	各種調査 写真測量	
係留気球	800m以下	各種調査	↓ ・観測範囲が狭い ・地上分解能が高い
索道	10～40m	遺跡調査	
クレーン車	5～50m	近接写真測量	
地上測定車	0～30m	グラントウールス (現地観測)	

(3) センサの種類

リモートセンシングで検知される電磁

波の波長帯は、紫外線の一部から可視光線、赤外線の一部、及びマイクロ波である（図 4.3.5.1）。このうちリモートセンシングに用いられているセンサは、可視から赤外までを総称した光学センサとマイクロ波領域を総称したマイクロ波センサとに分類される（表 4.3.5.2）。測定方式では、光学センサはほとんどが太陽光の反射及び対象物から放射される電磁波を収集する受動的であるが、マイクロ波センサは対象物に向けて電磁波を照射しその反射波を収集する能動的な方式をとる。さらに、カメラ等を用いて2次元画像を取得する画像方式とプラットフォームの移動とともに航跡下のデータを測定する非画像方式とに分けられる。受動的な方式は、雨や霧など天候の状況により測定不可能な場合があるのに対し、能動的な方式は天候に左右されず、また昼夜の別なく測定できるという利点がある。

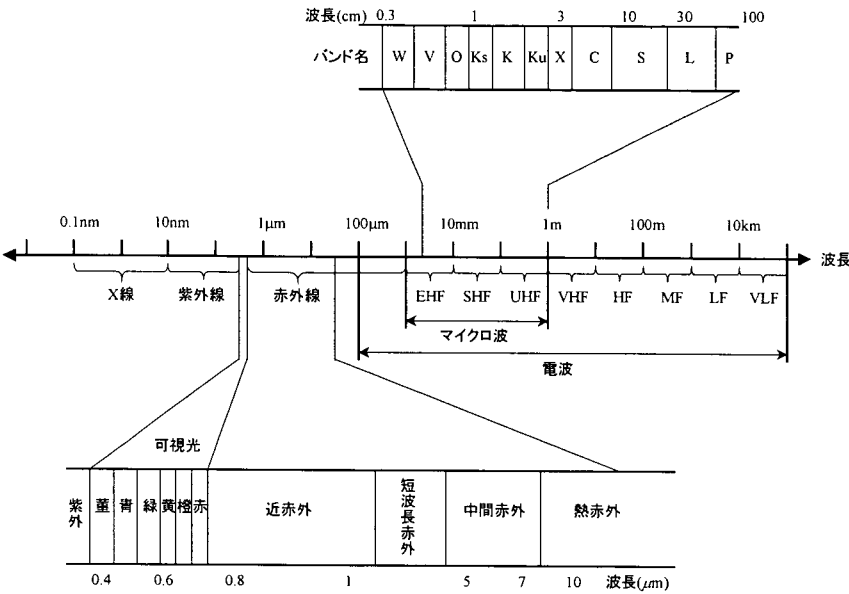


図 4.3.5.1 リモートセンシングの利用波長帯域

表 4.3.5.2 センサの種類

センサー		概要	地震被害把握への適用	受動／能動 画像／非画像方式	
光学 センサ	カメラ	—	地表面の画像・映像、熱分布 等	受動 方式	画像方式
	ビデオカメラ	—			
	プッシュブルームスキャナ (C C Dカメラ)	固体光電子変換素子が1列に並んだ構造の検知器をリニアアレイセンサといい、リニアアレイセンサを用いたセンサをプッシュブルームスキャナという。			
	オプティカルメカニカルスキャナ (MSS, TM)	地表からの放射を分光して観測を行う機械走査型放射計で、スキャナを搭載するプラットフォームの移動と、回転鏡あるいは振動鏡による、プラットフォームの移動に対し直角な方向の走査とを組み合わせて2次元の情報を得る。			
マイクロ 波センサ	マイクロ波放射計	電波帯における地球の熱放射の絶対量を測定し、地表面あるいは大気の状態を観測する。	海面の状態・形状、土壌水分、地表面の粗さ 等	能動 方式	非画像方式
	マイクロ波散乱計	起伏のある物体の表面に電波を発射し、散乱されて戻ってくる受信電力を計測する。			
	マイクロ波高度計	飛行体の起動を基準に、直下の地球表面との距離を測定する。			
	実開口レーダー	プラットフォームから進行方向にマイクロ波を照射し、観測対象物から戻ってくる後方散乱波を画像の形で記録する。合成開口処理により進行方向の分解能を改善したものを合成開口レーダーという。	地表面の画像、地形・地質 等		
	合成開口レーダ (S A R)				
	レーザースペクトロメータ	レーザー光を発射して、その散乱・反射光の戻る時間や強度、周波数偏移、偏光状態の変化等から、測定対象の距離、濃度、速度、形状などの物理的性質を測定する。	地形測量 等		
	レーザー高度計 (レーザープロファイラー)				
	レーザー水深計				
	レーザー測距儀				

(4) リモートセンシングによる被害状況把握

リモートセンシングによる震災時の被害状況把握技術について、主なリモートセンシングデータの特徴を表 4.3.5.3 にまとめた。また、特に航空機および人工衛星の二つのプラットフォームについて、その性能と特徴を示している。表 4.3.5.4 には、航空機、衛星の二つのプラットフォームに関する長所と短所を整理した。

表 4.3.5.3 一般的リモートセンシングデータの特徴

	ヘリコプターVTR	航空写真	衛星画像
即時性	◎	○	△
機動性	◎	◎	△
広域性・同時性	△	○	◎
精度	○	◎	△
対応可能な段階	発災直後～救援期	救援期～復旧期以降	復旧期以降
主な用途	・ 早期情報収集 ・ 機動的活動	・ 細密部の判読・計測 ・ 正確な被害規模把握 ・ 地盤変形計測	・ 広範囲な被害状況把握 ・ 被災直前の状況比較
課題	・ 位置情報の取得 ・ GISデータ化	・ デジタル変換 ・ GISデータ化	・ 情報提供の安定性と確実性

表 4.3.5.4 航空機と衛星の長所と短所

	航空機	人工衛星
機動性	通常は地震発生後すぐに飛行が可能。ただし日中のみ。	再帰日数によって必ずしも直後の撮影ができるとは限らない。
天候の影響	荒天時は飛行不可能。	センサーによっては雲の影響により撮影不可能となる。
解像度	高度が低いため解像度は高い。	高度が高いため解像度が比較的低い。
広域撮影	一度に広域を撮影できない。	広域撮影が可能。

高解像度衛星については、解像度 1m 程度の高解像度画像の撮影が可能な衛星が今後打ち上げられる予定である。図 4.3.5.2 に解像度が 30m の場合と 1m の画像を航空写真から作成したシミュレーション画像を示す。

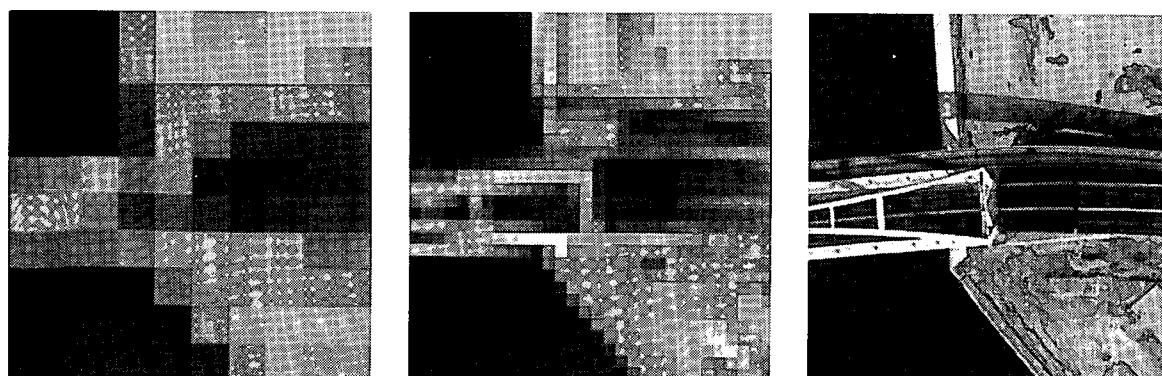


図 4.3.5.2 高解像度衛星画像のシミュレーション

(阪神高速道路湾岸線西宮港大橋落橋現場、左から地上解像度 約 30m、10m、1m)

【補足】

①航空機による被害状況把握技術

兵庫県南部地震発生時には多数の航空写真撮影が行われ、被害状況の判読、被害分布図の作成、三次元計測等に利用された。航空写真により確認可能な対象は下記のとおりである。

施設等被害：火災、焼失・倒壊家屋、橋梁等の大構造物の倒壊、堤防・道路面の陥没、道路閉塞
地盤等の変状：斜面崩壊、地すべり、液状化・噴砂

周辺状況等：交通渋滞、焼失地帯

リスク把握：リニアメント・断層

②航空写真判読による道路交通状況の把握

ある時間間隔において撮影された上空からの画像があれば、それらの位置の移動から、走行中の車両と駐車車両あるいは走行不能となった停車車両とを判別でき、車両速度が算出できる。これから求められた空間平均速度と道路区間中の交通密度（台／km）より交通量を概算することが可能である。

③衛星画像による被害状況把握技術

表 4.3.5.3 に、現在利用可能な衛星及び今後打ち上げが予定されている高解像度衛星について、データ精度・取得頻度・センサ等の詳細を示す。また、表 4.3.5.4 に震災発生直後・震災発生後数日・震災復旧時の各時期に求められる土木公共施設被害に関する情報ニーズと、対応可能な衛星画像の判読可能性を示したものである。衛星画像は、解像度 1m (QuickBird)、10m (SPOT)、30m (LANDSAT/TM)、の 3 種類を想定している。解像度 1m 程度の高解像度衛星画像により判読可能と考えられる被害状況を、判読可能なものと判読の可能性が見込まれるものに分けて示すと下記のとおりである。

・判読可能な被害項目

施設等被害：火災、橋梁等の大構造物の倒壊、道路閉塞

地盤等の変状：大規模な土砂災害

周辺状況等：交通渋滞、焼失地帯

・判読可能性のある被害項目

施設等被害：焼失・倒壊家屋、堤防・道路面の陥没

地盤等の変状：土砂災害、法面災害、液状化・噴砂

リスク把握：リニアメント・断層

特に、地上の施設被害や変状を広域にわたって捉えるためには低軌道の周回衛星に可能性があるが、現状の衛星の数では、震災発生直後に必ず、また確実に被災地域の上空に衛星があるとは限らない。しかしながら人工衛星は高高度から広域の状況を一括して把握することができるため、他の状況把握技術と適切に組み合わせて利用する手段を考えるのがよい。近い将来、高解像度衛星が利用可能になれば、数 m 以上の被災規模を持つ道路陥没や落橋等の判読が可能になる。また、これまでの可視センサに加えて SAR（合成開口レーダ）等のマイクロ波センサの実用化が進んだことにより、天候に左右されず、より正確な観測の可能性が期待される。

※衛星データの入手

衛星データの入手に要する時間は、たとえば SPOT の緊急リクエスト撮影で最短 6 日・最長 13 日である。また、将来複数の高解像度衛星が利用可能になれば、最短で数時間～最長 2 日程度で画像データが入手可能になると予想される。この場合、画像データの入手手続きや処理体制について確認、検討しておく必要がある。

4.4 情報伝達に必要な技術

情報伝達技術は、地震、地震による一般被害あるいは所管施設の被害、震災対策体制に関わる指示や報告等のために必要な技術である。情報の伝送そのものは、4.2.1 の情報伝送技術によって検討されるが、要員、組織間の意思伝達には以下のような技術が必要である。

- ・一斉同報技術
- ・周辺情報共有技術
- ・他機関との情報交換技術

【解説】

震災対策に関わる様々な情報、信号、データを伝送する技術については情報伝送技術において検討されるが、震災対策における突発性、混乱、広域性に対しては、特に情報伝達の面から別途検討しておく必要がある。まず、突発的に発生する地震災害に迅速に対処し、また多数の要員に対して情報を伝達するための一斉同報技術が必要である。また、混乱状況下でも物資等の状況に関する適切な情報伝達を行うための周辺情報共有技術も重要である。このほか、異なる機関同士の情報交換技術は、広域にわたって互いに連関して発生する各種施設の被害状況を的確に共有するために必要となる。

4.4.1 一斉同報技術

一斉同報技術は、地震発生時の体制活動をできるだけ迅速に開始できるよう、地震動や施設被害の検知結果に基づいて、要員に一斉連絡を行う技術である。地震が発生した地域においては直接地震動を体験することができるが、遠隔地の地震を地方支分部局や中央部局で察知したり、地震発生地域内の事務所等でもある程度規模が小さい地震の場合には有用である。また、地震発生後の震度や被害に関する情報を一斉に報せることにも利用できる。このような技術には、一般公衆回線や専用回線を用いた電話連絡、サイレン、ネットワーク技術を活用した情報配信が含まれる

【解説】

(1) 一斉同報技術の概要

地震発生時、事務所内や現地等の各所に分散する要員に対して一斉同報連絡を行うためには、表 4.4.1.1 のような技術・サービスの利用が考えられる。

表 4.4.1.1 一斉同報技術

名称	利用設備	情報メディア
サイレン、音声	スピーカー	音声
電話	公衆回線、専用回線	音声
FAX		文字
ポケットベル	無線	文字
MCAシステム		音声（文字）
テレターミナル		マルチメディア
インターネット技術	インター／イントラ／エキストラネット	マルチメディア
TV	マスメディア	マルチメディア
ラジオ		音声

②電話

一般公衆回線や専用回線を用いて、音声モデムにより各部署あるいは要員の自宅に情報を逐次送る。場合によっては、電話を受けた要員が応答することも可能。相手先が携帯電話なら出先でも伝達可能であるが、同時に情報を伝達できる相手は回線数によって限られる（すなわち一回線しかない場合一人に情報を伝達している間は他の要員へは情報伝達できない）。このことは、連絡すべき要員の数が増えたときに問題となるので注意すべきである。

③FAX

あらかじめ登録しておいた事務所等の拠点あるいは要員の自宅の FAX 番号に対し逐次配信する。原則として要員が自宅にいる場合のみに伝達可能であり、電話と同じく要員の数が増えた場合の総伝達時間が大きい。

④ポケットベル

文字列送信が可能のため、自動発信で的確に情報を伝えることができる。要員数が多い場合のタイムラグが小さい。また、ポケットベルを利用して公共の掲示板等に文字列を表示するシステムも防災用に用いられている。

⑤インターネット技術

インターネットを通じ、サーバからの情報を複数のクライアントに同時に配信するものとしてプッシュ型配信技術がある。これにより勤務中の PC 画面に地震に関する情報を配信することなどができる。

⑥サイレン等

屋内外スピーカーを用いたサイレンや所内放送により、職員に一斉連絡する。地震発生後の具体的体制内容等を通知するのに利用可能だが、この方法は伝達範囲が限られている。

⑦マスメディアによる緊急放送システム

地震発生時の初動対応等に関する職員、要員への伝達事項についてあらかじめ報道機関と契約するか協定を結んでおき、地震発生時にテレビ／ラジオ放送により放送することも考えられる。

4.4.2 情報管理技術

点検活動や応急対策・復旧活動を行う場合、施設の被害状況等直接必要となる情報のみならず、応急対策・復旧に必要な資機材の利用可能性、時々刻々と変化する体制の状態等に関する情報についても、震災対策組織内で共有すべきである。

【解説】

震災対策活動を遂行するためには、応急対策・復旧用資機材に関するデータや、震災対策活動状況、要員の活動を支援する物資の配備状況などさまざまなデータを活用しなければならないが、それらは単に蓄積するのみでなく、その入力、変更、削除等を適切に行わなければならない。このような情報の管理は、必ずしもハードウェアの技術だけで実現できるものではなく、ここでは情報管理のあり方をひとつの技術として捉える。

地震後において、震災対策に関する情報を常に体制の状況に関する最新のものとするのは一般に困難である。被災情報のように自動的にあるいは強い目的を持って収集される場合にはそれを迅速に行うことに意を払えばよいが、完全にはオンライン化されていない資機材の備蓄状況や他機関の情報などは、混乱する状況下でそれらの情報を逐一人手によって入力、確認しなければならない場合が多いからであ

る。ここでは、このような情報（周辺情報）が共有されているレベルによってどのように対策活動が異なるかを、資機材情報を例にとって示す。

①非管理

資機材・物資等、周辺情報の対象となるもの（以下、物資等）の情報が記録されておらず、連絡先のみがわかっており、地震発生後にそれらの情報を収集・把握するレベル。このレベルは、緊急時の連絡・確認先のリスト等があれば実現できる。ただし、物資等の総在庫量、必要総量、必要調達量を混乱状態の中で把握しなければならず、それらの手順が確立されていないため、相当の時間的ロスがある。

②静的管理

周辺情報が、関連部署において平常時の状態で記録されているが、地震発生後にはそれらは特に管理されることなく、物資等が利用されるレベル。このレベルを実現するためには、物資等の区別ごとに管理部署を定め、帳簿、情報機器等によって平常時の在庫量を管理すればよい。このレベルにおいては、地震発生直後の物資等の配分はある程度迅速に行えるが、その後の変化に対しては①の非管理と同様の対応となる。

③動的管理

地震発生後の物資等の被害、利用状況が各部署においてリアルタイムで変更されるレベル。体制維持のための物資に関する情報ならば②の静的管理でも問題ないが、応急復旧等に活用する資機材については、この管理を適切に行わなければならない。このレベルを実現するためには、物資の残量などの情報が変更された時点で逐次それらが更新される手続きが確実に実行される必要がある。これを効率化するためには、随時変更が可能なデータベースと操作しやすいインターフェイスが必要であるが、それらの技術については各々別に解説している。また、応急復旧等に必要な資機材の多くは関連業者より調達する部分が多いため、それらとの協定・契約およびそれらに伴う資機材情報の共有が重要であり、そのためには 4.4.3 で解説する他機関との情報交換技術を活用する必要がある。

4.4.3 他機関との情報交換技術

大規模な震災の場合、国としての体制、ライフライン企業の活動状況等を把握し、それらと情報を交換することによって、震災対策活動は効率化される。そのためには、異なる組織をまたがる共通の情報基盤を構築するか、各組織が流通させる情報を予め明示し、異なる組織での活用を可能とする必要がある。その際、第5章で述べる情報のセキュリティについて予め検討しておく必要がある。

【解説】

他機関との情報交換を実現する際には、地震発生時に必要となる情報について相互で整理し、混乱状況下においても円滑に情報交換を行う準備を行っておく必要がある。その際には、一部の情報を組織内と同様の方法で共通化しておきネットワーク技術を通じて共有する方法と、特段の情報共通化は行わず必要に応じて電話や電子メールによって不定形の情報を伝達する方法が考えられる。前者の方法は、特に施設管理者とその占有者のように密接に情報交換を行う必要がある場合に有効であるが、意図しない情報の漏洩、拡散を防ぐために、通信上のセキュリティを考慮しておくことが必要となる。以下に、他機関との情報交換に活用可能な技術について、主として情報通信方法の面から整理する。

①電話等

一般公衆回線、特定機関の間で用いられる専用回線あるいは防災行政無線等を用い、電話、FAX 等に

よって必要な情報を交換する方法。この場合、あらかじめ定められた情報について交換するほか、定型でない情報について素早く伝達することができる。現在の防災無線の通信方式は、音声通信を主体にFAX等が利用されているが、将来はオフィスコンピュータ等を接続してデータ通信が可能な高度な無線システムが必要とされている。主な防災無線システムの特徴を表4.4.3.1に示す。

表 4.4.3.1 防災行政無線の種類

名称	通信範囲
中央消防無線	国土庁⇄指定行政機関、在京指定公共機関
消防防災無線	消防庁⇄都道府県
都道府県防災行政無線	都道府県⇄市町村、防災関係機関など
市町村防災行政無線	市町村⇄住民

②インターネット

共通の通信規約（プロトコル）によって世界中の任意のコンピュータ等が繋がったネットワークで、電子メールやWWWブラウザなどによって簡易に双方向の情報交換を行なうことができる。電子メールは、電話やFAXと同じく、組織間で任意の情報を交換することができる。また、あらかじめ一定のフォーマットを電子ファイルで作成しておいて、定型情報を交換することで効率が上がる。さらに、各組織間で情報を共有化し、各組織のデータベースを横断的に利用することも可能である。留意点としては、インターネットの回線は不特定多数の利用者が利用するため、地震発生に伴って回線の混雑が予想されることと、セキュリティに関する注意が必要なことである。また、回線が地震によって被災した場合の復旧については、各回線を管理している企業体等に任せざるを得ない。

③イントラネット

インターネット技術を用いて構築した組織内のネットワークをいう。組織内の情報ネットワークであり、組織の外部に対しては、物理的に切り離されている場合や、ソフトウェア的に外部インターネットとのアクセスを分離する仕組み（ファイアーウォール）を用いる場合が考えられる。イントラネット内の情報の扱いは単一組織内のものを意識しているため、他機関との間でこのような仕組みを構築する場合は、互いに密接に関連し、通信や情報交換の面で統一的な意志決定ができる組織同士である必要がある。

④エクストラネット

イントラネットに接続しているいくつかの組織同士が限定的に相互アクセスする仕組み。各組織は、それぞれのイントラネットにおいてセキュリティ上独立性を保ちながら、連携する組織間にのみの情報交換を、ユーザ認証や暗号化等の技術を使って実現する。図4.4.3.2に、エクストラネットによる他機関との情報交換のイメージ図を示す。この場合、情報を交換する二つの組織が不特定多数のユーザが利用するインターネットに対し、セキュリティのためのサーバ（ファイアウォール）を介して接続している。エクストラネットの構築にあたっては、情報を交換する組織同士が、共有する情報を明確にし、それに関する仕様を定めておく必要がある。また、各組織間を結ぶ回線がインターネット等の一般回線の場合、回線の混雑やセキュリティに関してインターネットと同様の点に留意する必要がある。

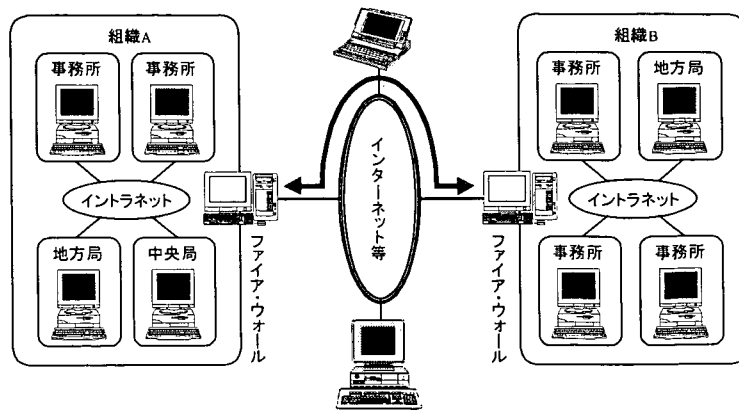


図 4.4.3.2 エクストラネット利用イメージ図

【補足】

①中央防災無線

国土庁を中心として、全ての指定行政機関（各省庁）と在京指定公共機関（NTT、JR、日赤等）の計48機関を結ぶ無線通信ネットワークである。国土庁を中心に複数の中継点（庁舎）を環状に接続したもので、災害時に備えて多ルート化が図られている。固定通信網の他、移動通信系の通信網も国土庁を基地局として構成されている。これは首都圏における非常災害を想定して、災害対策車両やヘリコプターに搭載され、更に政府要人等との緊急連絡手段の確保を目的として整備が進められている。

②消防防災無線

消防庁と都道府県の間を結ぶ消防庁が管理する自営無線網をいう。建設省の水防道路用無線を共有して全国の都道府県をネットワーク化し、電話とFAXによる一斉通報システムを導入している。S59年からは通信衛星を利用して回線の多ルート化を図り、非常災害時に備えている。

③都道府県防災行政無線

災害発生時等に災害対策本部が設置される都道府県と市町村及び県レベルの防災関係機関等の間を結ぶ無線通信網である。災害に対する具体的対応策の基準となる地域防災計画に基づく災害情報の収集と伝達を目的とする。用途等から固定系、移動系、テレメータ系の各無線システムを組み合わせたシステムが一般的で、多岐にわたる情報が集約されるよう工夫されている。

④市町村防災行政無線

市町村が住民に対して災害情報の伝達や広報、指示の周知徹底と、地域情報の収集を行うことを目的とした防災無線をいう。移動系、テレメータ系の各無線システムでは、都道府県防災行政無線と同様に用途に応じたシステムがくまれているが、固定系無線では市町村役場から出先機関等に設置された屋外スピーカー等を結び、サイレンや音声によって災害の予警報を伝達する同報無線方式が現在一般的である。この場合、騒音や気象条件によって聴取率の変化も予想されるため、屋内受信方式を併用する自治体が増加している。

4.5 情報表示・分析に必要な技術

4.3 で述べた技術によって収集された情報は、4.3 の技術によって伝送・蓄積されるが、それらの情報は様々な形で表示、分析されることによって初めて震災対策に役立てることができる。このような技

術には、以下のようなものが含まれる。

- ・地図表示技術
- ・データベース表示技術
- ・静止画像表示技術
- ・動画画像表示技術

【解説】

平常時あるいは地震発生後に収集され、蓄積された情報を利用するためには、適切な形で表示されなければならない。また単に収集した情報を表示するだけでなく、多くの場合はこれらの情報を組み合わせるなどの分析を行う必要がある。本章では、このような情報表示、分析技術について解説する。ただしここでいう分析とは、推計計算等を指すものではなく、異なる情報を重ね合わせたり面積等の諸元計算を行う程度の処理であり、地震災害以外の分野においても一般的に適用される技術であるが、震災情報システムにおいても利用することによって有意な結果を得るような技術を指す。

4.5.1 地図表示技術

様々な状況下で収集され、蓄積された情報の多くは、被災エリアを含む地域における位置情報を有する。それらは空間座標によって表わされるが、GIS システムを用いてこれを地図画面上に表示することによって、全体的な視野からの震災対策活動に生かすことができる。また、この技術は、地図上への表示のみならず、地図上の施設や行政領域等に対して新たな情報を追加したり、それらの情報を用いた計測を行うなど、より詳細な分析を行う可能性を有する。

【解説】

(1) 震災対策における地図表示の意義

施設の被災状況、地震後の道路交通状況や火災等の一般被害状況などの震災情報は、ほとんどの場合、その位置、形状、施設名や被災度等の属性からなりたっており、地図上に表示して初めて要員の判断、意志決定に役立つものとなる。ここで、被害検知センサーの検知結果や点検活動支援システムからの情報を地図上に表示する場合、各機能ごとに独立したシステムとして整備する方法もあるが、第2章に解説したように、各機能の情報を扱うシステムとそれを表示するシステムを分けたほうが効率がよい。GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) は、一般的な地図データと特別の目的に即したデータを一元的に管理し、効率的に表示・検索・分析することができることから、このような目的に適している。震災時における GIS の活用方法には以下ようなものが考えられる。

- ①点検活動等に際して現場の要員が 4.3.4 で述べたようなシステムを携帯し、現場の位置情報や被害状況、復旧状況などの情報を収集する。このとき、単なる文字、数値だけでなく、携帯端末が簡易な GIS を持ち、地図上での操作が行えれば、作業効率は飛躍的に向上する。
- ②支部、本部等において、現場の情報を受け取り、これを蓄積するとともに、地図画面上に被害の全容を表示させる。これにより、現場－地方部局－中央部局がそれぞれに必要な精度、内容の情報を全体的に把握することができる。
- ③震災に関する施設数や面積等の分析をそれぞれの部局が行い、意思決定の参考とすることができる。これらの操作の際に、画面上に地図を表示するだけ出なく、データを重ね合わせたり、抽出するなどの機能があれば、意思決定に必要な分析作業をより効率的に行なうことができる。ユーザー側から見た GIS

は、大きく分けて以下の三つの機能に集約される。

- (a) 大量の地形・地物データとこれを管理するデータベース(database management system: DBMS)
- (b) 地図データの座標や縮尺率を変換し、必要な対象物や属性を表示・入力する機能
- (c) データの重ね合わせ、抽出、ネットワーク解析などの個別分析機能

市販の GIS アプリケーションを購入し、ある程度機能を付加することによって、上記の 3 つの機能は実現できる。しかしながらこの場合、データの形式が購入した GIS 専用のものとなるので、これまで整備したデータを変換することが必要な場合もあり、また一旦整備したデータを他のアプリケーションで利用しにくい場合もある。現時点では完全な情報共有は困難であるが、GIS に関してはデータ利用の方法を共通化した Open GIS と呼ばれる規格が検討されており、今後はネットワーク上での異種アプリケーション間のデータの相互利用が進むと予想される。また、将来のデータ共有に備えて、扱うデータの構造やフォーマットを明確にし、記録・保存しておくことが重要である。

【補足】

(1) 紙地図と電子地図

地図の種類は図 4.5.1.1 のように分類できる。このうち GIS で扱うのは電子地図であるが、その特性についてまとめると表 4.5.1.1 のようにまとめられる。

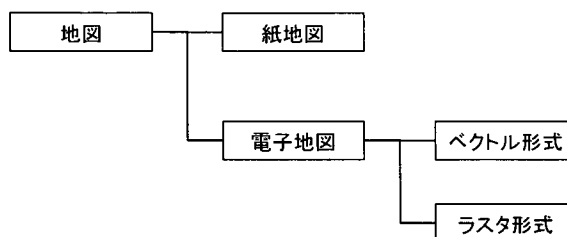


図 4.5.1.1 地図の分類

表 4.5.1.1 紙地図と電子地図の特性

	紙地図	電子地図	
		ベクトル形式	ラスタ形式
作成方法	空中および地上測量に基づき、手作業で製図する。	空中および地上測量に基づき、図化機・デジタルタイザーを使い半自動または手動で地図データを作成する。	既存の地図、空中写真等をスキャナで入力し、データを作成する。リモートセンシング画像を使う場合もある。
記憶媒体	紙、ポリエステルベース等の平面上に描画する。	磁気テープ、磁気ディスク、光ディスクその他電子的媒体に記録する。	磁気テープ、磁気ディスク、光ディスクその他電子的媒体に記録する。
記録次元	1図表あたり2次元	1レイヤあたり3次元以上も可能	1レイヤあたり2次元
記録規則	図式規定に則り製図する。	図式規定、データ構造等を定めるメタデータに則り記録する。	ラスタデータにその画像の形式を説明するヘッダ情報を付けて記録する。
利用方式	読図を行い、どこになにがあるかを知ると同時に対象地域の特性を理解する。定規、プライニメータ、デジタルタイザーにより面積等の計測をする。他の情報を地図上に記入し、特定目的のために活用する主題図を作成する。	読図を行い、どこになにがあるかを知ると同時に対象地域の特性を理解する。距離、面積等の測定を行うと同時に、十分なデータ構造を保持していればオーバーレイネットワーク解析等地図データ特有の解析を行う。属性として文字数値データを持っている図形については、条件検索等の手法を使い、定性・定量的な特性把握を行う。画像データと重ね合わせて、対象地域の特性を分析する。	読図を行い、どこになにがあるかを知ると同時に対象地域の特性を理解する。画像解析を行い、植生、自然環境、汚染等、評価を行う。図形データと重ね合わせて、対象地域の特性を分析する。
編集方式	複写機や写真処理機によりコピーを作成する。手作業で必要な図形を写し取り、他の情報を記入して別の地図を作成する。	拡大縮小、表示図形選択、表示位置選択等、自由な表示方式を選択する。他のメディアと組み合わせて、主題図を作成する。	読図を行い、どこになにがあるかを知ると同時に対象地域の特性を理解する。他のメディアと組み合わせて、主題図を作成する。
利用の手軽さ	地図を携帯し、参照するために機器等の必要がない。出版物になっているものは比較的安価。	地図を参照するために情報機器の操作が必要。データが入手しにくいが高価なものが多い。	地図を参照するために情報機器の操作が必要。目的によってはデータが入手しにくいが高価である。
投資効果	比較的安価であるが、地図をもとに何らかの分析を行うことができないか、または非常に困難。	安価なものもあるが、利用範囲は極めて広く、コンピュータ、ネットワーク等を通じて共有することもでき付加価値は高	ラスタ形式のみでは応用範囲は、ベクトル形式の地図ほど広範囲ではないが、付加価値の高い情報を得ることが可能であ

(2) レイヤの考え方

電子地図の大きな特徴は、地図が複数のレイヤで構成されていることである。レイヤとは1枚の図面をいくつかのシートに分けて作成、表示する機能である。例えば、道路、建物、防災拠点等を別レイヤで管理しておき、それぞれを個々に表示したり、重ねて表示したりすることが可能となる。図4.5.1.2にレイヤ機能のイメージを示す。このようなレイヤは、透明なシートを用いた紙地図でも実現できるが、データの操作性の面から、電子地図は格段に扱いやすい。またもう一つの電子地図の特徴として、各レイヤのデータがそれぞれデータベースに登録されているため、検索等の処理が簡単に行えることが挙げられる。紙地図上に描かれたデータについてこのような処理を行うには、地図上のデータと別の帳票やデータベースを参照しながら作業しなければならないため、作業効率は各段に悪くなる。

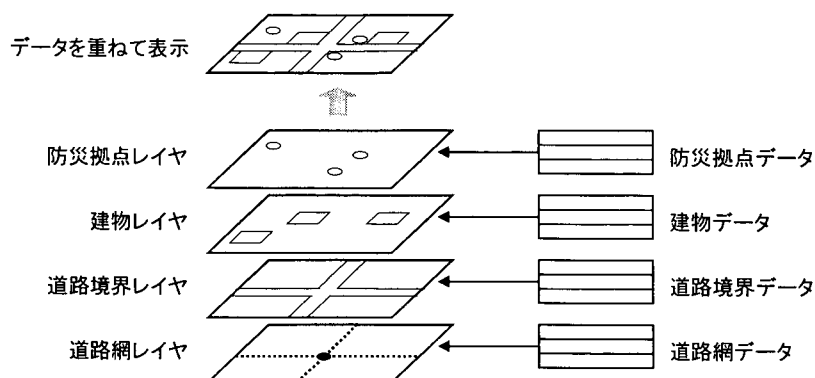


図 4.5.1.2 レイヤー機能のイメージ

(3) GIS の分析機能の例

① オーバーレイ

同一地域を対象として、異なる複数のレイヤーを重ね合わせて様々な内容の図を作成する手法である。様々な属性を組み合わせることで目標とする地域を探り出す選定作業にはこの機能が有効である。たとえば、震災情報システムにおいては、平常時のリスク分析において想定地震の震度分布と所管施設の位置を重ね合わせたり、地震発生後に施設被害の点検結果と道路図を重ね合わせたりすることなどが考えられる。図4.5.1.3に、背景地図と震度階分布を表示した例を示す。

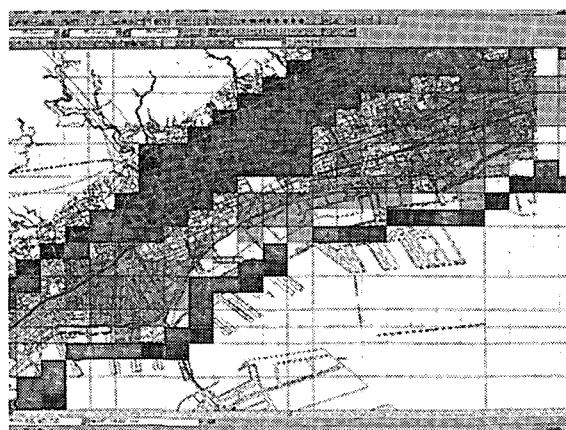


図 4.5.1.3 GIS 上に震度階分布を表示した例

②属性表示

GIS のデータの多くは、施設や行政区域などの対象の位置や形状のほかにその対象の特徴を表す属性を持っている。たとえば、建築物ならばその用途や床面積、市町村ならば面積や人口などである。各対象を地図上で指定し、その属性を表示・入力したり、逆に特定の属性を持つ対象を検索し、地図上に表示することもできる。

③地理的計量処理

GIS の基本的な機能で、幾何学的な計測を行う。この機能により、二点間の距離、特定エリアの周長・面積を計測することができる。震災情報システムでは、例えば防災拠点間の距離や、火災にあった地域の総面積や建物などの面積の合計を算出するなどの利用方法が考えられる。

④ネットワーク分析

たとえば道路などネットワークとしての性格を持つ施設について、二点間の道路沿いの最短経路を求めるなどのネットワーク分析が可能である。探索の条件として距離が指定されていれば最短距離経路、走行速度が付与されていれば最短時間経路といった応用も可能である。また、一部通行不能な道路を設定しておいて、その道路を迂回した最短経路を探索することも可能である。図 4.5.1.4 に経路探索を実施した例を示す。この例では、画面の中央部分（四角の部分）を被害地域と想定し、通行不能道路を設定し経路探索を実施したものである。

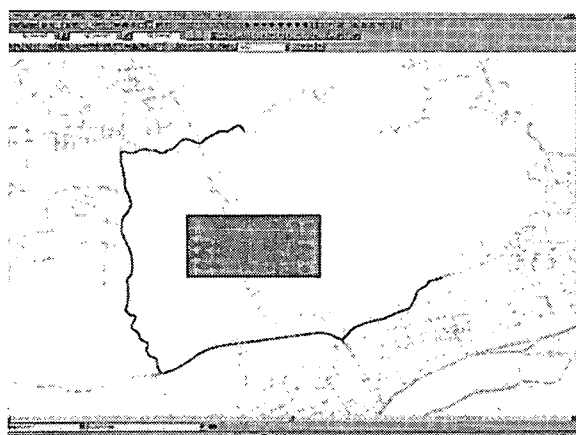


図 4.5.1.4 経路探索の表示例

⑤属性検索

与えられた条件に合致する図形を取り出す機能である。例えば、地震による各建物の被災情報が入力されているとして、全壊建物を検索し、それらの色づけして地域における建物の被害の状況を視覚的に把握することなどが可能である。

⑥バッファリング

点・線・面などの対象から等しい距離にある領域を確定する。たとえば駅から半径 100m 以内に存在するオフィスを選択し、その床面積を集計したり、道路から幅 50m 以内に位置する世帯を抽出して居住人数を求めるといったことに利用される。震災情報システムでの応用例として、想定地震の震源を中心としてある値以上の最大加速度が発生する円を描き、それ以内の施設数を数えたり、道路から一定幅以内に位置する倒壊建物を抽出し、倒壊状況と道路閉塞の関係を分析するといった利用が考えられる。図 4.5.1.5 に、道路の中心から 30m 以内の範囲をバッファリングした例を示す。

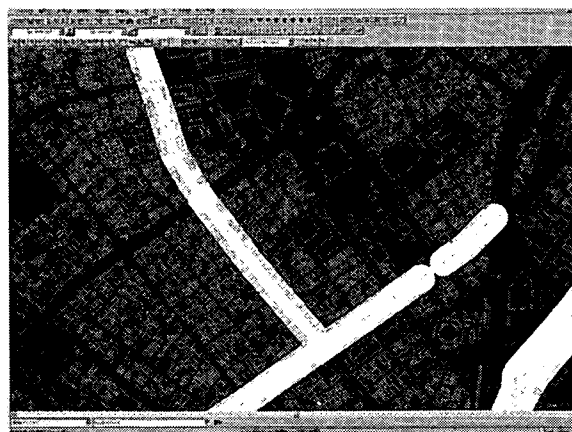


図 4.5.1.5 バッファリングの表示例

(4) GIS を選定する視点

震災情報システムの表示・分析のために GIS を選定するにあたっては以下の点に留意すべきである。

①GIS を利用する目的

GIS を利用する際、まず、検討すべきことは震災情報システムの端末として利用する目的、つまり「なにをしたいのか」と明確にすることである。市場の GIS アプリケーションの中には、データ管理等を得意とするもの、解析を得意とするものなど、それぞれの特性を持っている。目的を明確にすることによってシステムに要求される機能が明確になり、システム選定の条件になる。

②読み込み可能な地図データ

GIS で利用している地図データのフォーマットは、それぞれ独自のものを利用している場合が多い。独自データ以外のデータとして、汎用フォーマットや数値地図等の一般に流通している地図データなど、震災情報システムの目的に必要なデータが読み込みが可能であるかどうか評価のポイントとなる。多くのデータの読み込みが可能な GIS であればデータ作成のコストを抑えることが可能である。

③操作可能なデータベース

多くの GIS は、対象データを操作する際に各システム専用のデータベースを構築しなければならない。別のシステムにある外部のデータベースを操作できるものもあり、その場合はデータ管理を分散させることができるが、その場合でもデータの構造は GIS アプリケーションの種類によって異なるものとなっていることに注意が必要である。最近では、データの保存形式によらないデータ操作のインターフェイス (Open GIS) に準拠した製品も出ており、このような機能にも配慮するとよい。

④カスタマイズ

カスタマイズとは、GIS でもともと実現されている機能に加えて、ユーザーが独自の機能を追加できる仕様のことである。カスタマイズの難易によって、あらかじめ準備された機能しか使えないシステムとなるか、必要に応じて機能追加が可能なシステムとなるかが大きく異なる。一般に、カスタマイズは何らかのプログラム言語によって行うが、それらには大きく分けて以下の二つの種類がある。

(a) 各 GIS 独自の言語を利用するもの。

(b) Basic、C、C++などの汎用的なプログラミング言語を用いるもの。

(a) のタイプは、カスタマイズにあたって GIS ごとに異なる言語を習得しなければならないため、開発効率が低く、実行速度に問題がある場合もある。また開発結果を他の GIS に流用できない。これに対して (b) は言語を習得している開発者が多いため、より安価で効率的な開発の可能性はある。

(4) GIS 整備の方針

これまでのほとんどの GIS アプリケーションは、各々独自の地理データを持ち、互いの互換性があまりなかった。たとえば、汎用的なデータベースに施設や道路ネットワークなどのデータが保存されている場合、一旦それを各 GIS アプリケーションが読み取れる形に変換する必要がある。このような体系で GIS を整備する方法として、以下の三つが考えられる。

- (a) 組織内で用いる GIS アプリケーションを一種類に統一し、全てのデータをその GIS に対応したフォーマットで整備する。
- (b) 組織内で用いる GIS の種類をある程度に限定し、それらに対応した複数のフォーマットでデータを整備する。
- (c) GIS で利用する地図データは個別のクライアントが持ち、組織で用いる特有のデータのみ構造・フォーマットを統一する。ネットワーク上を流れるデータは橋梁、道路リンク等組織特有のデータのみとなる。
- (d) 標準的な規則にしたがってデータを扱える GIS アプリケーションを用いる。あるいはこのような機能を持ったアプリケーションを別途作成する。

(a)や(b)の方法は、現時点で利用可能なシステムをそのまま利用するという点では一見便利であるが、同じ GIS アプリケーションでもバージョンアップ等によってデータが利用できなくなることもあり得るほか、データの汎用性が相当損なわれるなど、長期的に見た欠点が多い。(c)の方法は、ネットワーク上を流れるデータ量が減少し、効率的である。組織内で扱うデータが明らかになり統一が取れるが、地図データが個々のクライアントに別々に存在するため、相互の整合がとれなくなる可能性がある。(d)は Open GIS と呼ばれるものであり、この規格に準拠しているデータベース製品あるいは GIS 製品については、データ構造そのものは公開されないが、データをやりとりする方法（インターフェイス）が公開されており、同じインターフェイスを持った任意のアプリケーションによってデータの操作が可能となる。したがって、データの共有性と処理の分散化、拡張性の観点から、将来的には(d)の方法が最も有力になると予想される。いずれにせよ、震災対策に必要な所管施設データ等の固有のデータについても、第2章に示したように、その構造・関係を明確に規定し、任意のシステム間で流通できるようにしておかなければならない。

4.5.2 データベース操作技術

震災対策活動において、蓄積された情報を効率的に操作し分析するためには、データベース操作技術が必要不可欠である。震災対策活動において用いられる情報の多くは、GIS の地図画面上での操作か、操作用の画面において行われるが、データの検索など直接データベースを操作することもある。各種センサー、意思決定システム等、異なる技術による様々なフォーマットのデータを扱う方法として、中枢となるデータベースアプリケーションの命令を直接操作する方法もあるが、要員による操作の効率性を向上させるために、情報に応じた操作画面を付加するのがよい。

【解説】

震災情報システムのデータを操作する方法には、地図上の対象を指定して属性表示などの操作を行う場合と、検索条件を指定してデータを抽出する場合がある。前者の場合は GIS 操作によって行うが、後者の場合にはデータベース操作のための命令（コマンド）を要員が指示する必要がある。一般に、さま

ざまな技術によって収集・蓄積された情報は、場合によっては複数のデータベースに蓄積され、複数のユーザによって操作される。分散型のシステムにおいては、データを必要とするクライアントがデータベースシステムにデータの検索などのコマンドを送り、その結果を受け取って表示・分析等を行う方法が考えられる。

複数のデータベースシステムがあり、それぞれが必ずしも同一製品でない場合、上記のようなことを実現するためには、データベースシステムによらない命令が必要となる。現在、一般的なリレーショナル型データベースについては、SQL(Structured Query Language)と呼ばれる共通の言語を用いてデータの操作を行なうことができる。したがって、表示・分析システムでSQLを入力してデータベースサーバに送る機能を付加しておけば、ほとんどのデータ操作が可能となる。ただし、SQLはコマンドを入力してデータを操作するため、多くの震災対策要員が習得して使いこなすのには向いていない。そこで、震災対策活動において必要となる操作をGUIで行い、その結果をSQLに翻訳してデータベースサーバに送るインターフェイスを作成しておくといよい。たとえば、施設の名称や完成年などの入力欄に所定の数値、文字を入力し、ボタンを押すことでその結果が表示される簡易なインターフェイスを作っておけば、多くの要員が簡単にデータを操作できる。その際、必ずしも組織のすべてのインターフェイスが同じであってもよいし、部署ごとに想定される操作内容に対応したものであってもよい。

【補足：SQL】

SQLは通常、大規模なクライアント／サーバー型のデータベースシステムで用いられる。クライアント／サーバー型のデータベースシステムは、サーバー側で動作するデータベースエンジンと、ユーザのパソコンで動作するクライアントソフトから構成される。両者はネットワークを経由して互いに情報をやりとりする必要があるが、そのために必要となるのがSQL等のデータベース照会言語である。具体的には、クライアントソフトからデータの登録や検索などの命令をSQL文として書き、ネットワーク経由でデータベースエンジンに送る。データベースエンジンはその実行結果をクライアントソフトに送り返し、クライアントソフトが画面に表示したり、印刷したりすることで、ユーザは必要な情報を入手できる(図4.5.2.1)。SQLは原則的にはシステムに依存しない共通のコマンド体系であるため、異なるシステム間でもデータの操作・利用が可能である。ただし、実際には異なるデータベースシステムでSQLに若干の違いがあるため、接続性を確認するか、その差異をクライアントソフトあるいはデータベースサーバのソフトで吸収しなければならない。

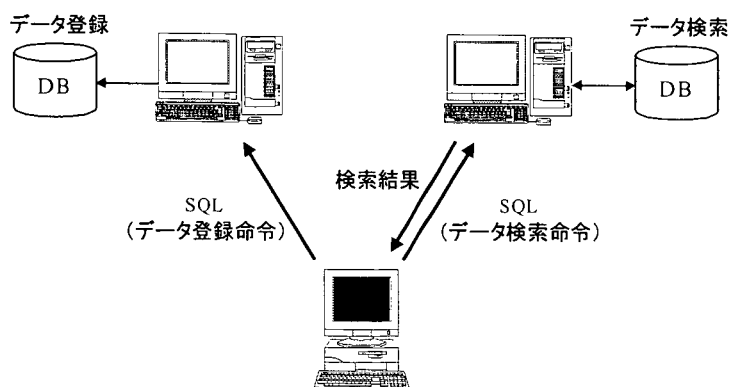


図 4.5.2.1 データベースエンジンとクライアントソフトの関係

4.5.3 静止画像表示技術

静止画像は施設の被災状況等の把握に用いられるが、それらはGIS上のオブジェクトと関連付けられており、GIS上での操作によって参照できることが望ましい。そのためには、静止画像をデジタル情報として蓄積しておく必要がある。

【解説】

(1) 震災対策情報システムへの応用

静止画像は時刻と位置を持った情報である。この観点から静止画像を単に点在する無秩序なものではなく、施設の位置や被害が確認された時刻と関連づけることが有用である。静止画像を関連づけさせるには、GISが重要なツールであると考えられる。GISを利用することによって、例えば被災した構造物を地図画面上でクリックすると、その施設の被害に関する画像を閲覧するといった操作が可能となる。また、同一地域を時系列的に撮影した画像を登録しておけば、その地域の経過を確認することができる。図4.5.3.1にGISで静止画像を表示した例を示す。

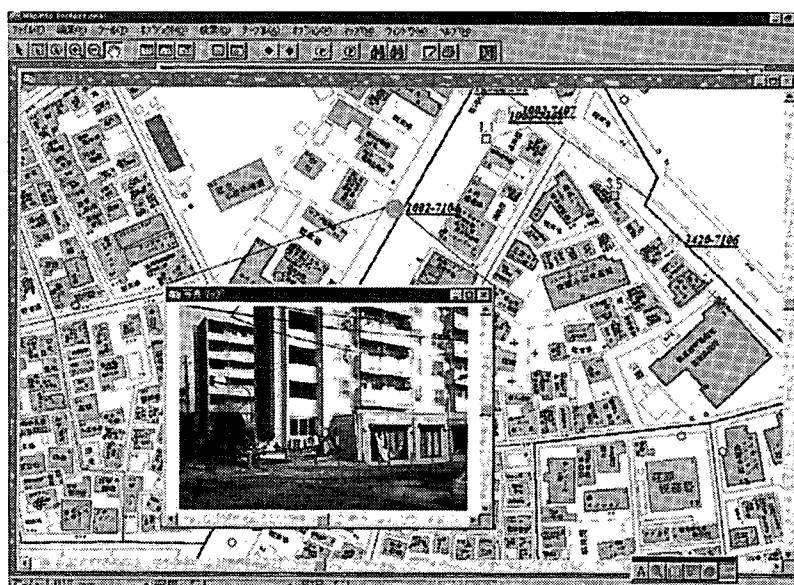


図 4.5.3.1 GISで静止画像を表示した例

(2) 静止画像データとその特徴

日常生活の中で目にする画像の多く（写真、テレビ等）はほとんどアナログ画像であるが、コンピュータで扱えるのはデジタル画像のみである。震災情報システム等のシステムの中で、施設被災状況等を把握するために使用される静止画像は、その形態がデジタルである必要がある。デジタル画像データは、画素（ピクセル）と呼ばれる2次元配列で構成されており、入力するデータに縦横の網をかけて各網目ごとに、明るさや色の状態を数値化したものである（図4.5.3.2）。モノクロの地図のように、各画素を黒と白を意味する二つの値で表せる場合、この画像は二値画像と呼ばれる。これに対し、陰影や色を付けた地図、写真などでは、各画素は濃淡や色の情報を表すために複数の値をとる必要があり、多色画像と呼ばれる。

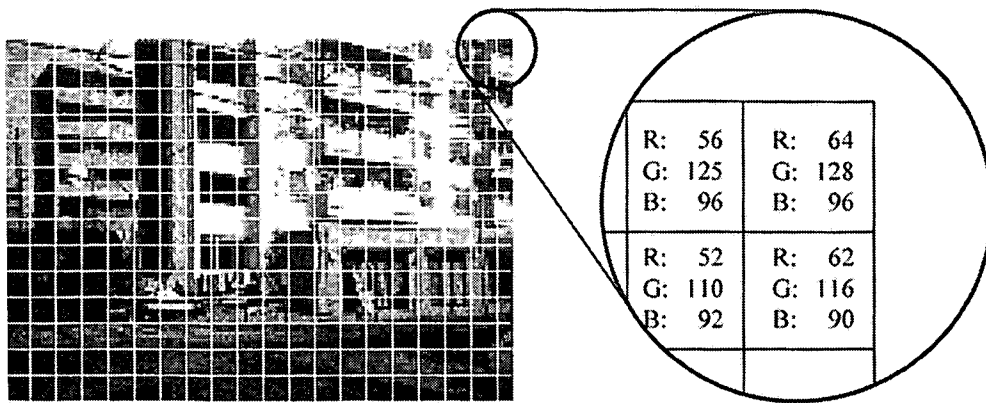


図 4.5.3.2 デジタル画像のピクセルの概念

(3) 画像データの作成方法

画像データを作成するには、主に以下の方法が考えられる。

- ①写真、地図等をスキャナで取り込む
- ②デジタルカメラで撮影する
- ③ビデオ画像を電氣的に取り込む（キャプチャする）。

①の方法の場合、既に印刷された地図をパソコン等に取り込む場合に特に有効となる。通常、画像を取り込む時点で解像度を設定する。解像度は、dpi (dot per inch) など単位長さ中のドットの数で示し、この値が大きいほど画質が高くなる一方、データ量が大きくなるので、取り込む画像の種類によって、カラー、ハーフトーン、白黒線画などのモードを適切に選択し、少ないデータ量で十分な画質を確保するとよい。

②の方法の場合、緊急時に現場の状況等を利用する場合に有効である。現在では、撮影した画像はメモリーカード等の媒体に記録され、直接あるいはアダプターを用いて PC 等に取り込むことができる。多くのメーカーでは、画像ファイルの記録方式として一般的な JPEG (Joint Photographic Coding Experts Group) が用いられており、記録媒体から直接 PC のハードディスク等にコピーし、操作することができる。

③の方法は、ビデオのある瞬間の画像（1 フレーム）を静止画像として取り込むものである。これを行う方法としては、PC にビデオキャプチャ用のカードを取り付けることが考えられる。また、同様のマルチメディア機能を持った PC 製品を準備してもよい。これによって、アナログビデオ画像のある瞬間の画像を静止画像として取り込むことが可能となる。利用方法としては、動画像によって平常時／地震時の点検結果を記録し、必要な部分を静止画像として保存するほか、動画像のうち一時的に注意して画像を見たいときにも利用できる。

【補足：画像データファイルの種類と特徴】

画像ファイルには多くの種類が存在するが、ここでは一般的な PC で取り扱うことが多い BMP と JPEG、GIF について説明する。

①BMP（ビットマップ、拡張子：bmp）

画像のピクセルごとに色や明るさに関する情報を持たせ、これを並べたもの。白黒の画像であれば、1 ピクセルあたり 0/1 の 1 ビット、モノトーンだが中間の灰色を持たせる場合（グレースケール）、表す

階調に応じたデータを与える。たとえば1ピクセルあたり8ビットを持たせると、0～255の256段階の明るさを表すことができる。また、1ピクセルあたり赤(R)、緑(G)、青(B)に対して8ビットずつ持たせると、これらの組み合わせにより、 $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$ 色(約1600万色)の色を表現することができる。この場合、1ピクセルあたりの情報量は8ビット×3色なので、24ビットフルカラーなどと呼ばれる。ビットマップ形式は特にデータを圧縮せずに保存するため、データ量が大きくなる。

②JPEG(Joint Photographic Experts Group、拡張子: jpg)

ITU(国際電気通信連合)とISO(国際標準化機構)が共同して作った Joint Photographic Experts Group(JPEG)という団体が標準化したものであり、カラー画像の圧縮を目的として作られた圧縮方式である。画像を圧縮する率を選択することができ、標準では10～50%の圧縮がなされる。但し、圧縮率が増加するに従って画像の質は低下する。

JPEG方式では、画像を正方形の部分領域に区分し、各領域に対してDCT(離散コサイン変換)を施す。この結果、各領域における空間的な二次元のスペクトルが得られるが、これに対して高周波成分を切り捨てることによって圧縮率を制御する。このため、JPEG方式では空間的な周波数が高い(すなわちコントラストが強い)画像よりも一般の写真画像に適している。人間の視覚は、視覚感度は高周波になるほど低くなる傾向があるため、このような方法で画質劣化をさほど目立たせずに高レベルに圧縮することが可能になる。

③GIF(Graphics Interchange Format、拡張子: gif)

アメリカ合衆国のコンピュータ通信企業が開発したフォーマットで、インターネットでも多く利用されている。最大画像サイズ65,536×65,536ピクセルで256色のビットマップデータを圧縮する方法である。風景写真よりも、デザイン画、図形など色数が少なくすむイメージを保存するのに適している。

4.5.4 動画像表示技術

動画像は、広域被害状況の把握等に用いられる。それらはGIS上を移動するオブジェクトと関連付けられることにより、被災状況等の把握に役立つ。したがって、動画像情報には、空間内の位置情報が記録されていることが望ましい。特に、動画像情報がデジタル化されている場合、画像以外の情報を付加し、これを参照したりGISの動作と連携させることが可能となる。

【解説】

(1) 震災対策情報システムへの利用

震災対策情報システムへ動画像を利用する場合、以下の方法が考えられる。

- ①固定点で時系列的に観測する
- ②移動しながら観測する

①の場合、例えば、ある地点の周辺の被害状況を表示したり、復旧状況を表示したりする場合に活用することができる。②の場合、道路沿いを車で走行したり、ヘリコプターで被災地の上空を飛行し、その状況を撮影したものを利用する方法が考えられる。図4.5.4.1にシステムに動画を組み合わせた例を示す。この例では、地図上に示されたコース上を車が移動し、その様子を動画で表示した例である。動画に合わせて、地図上のマークが移動する。

動画像は静止画に比べ、時系列な要素も含むため、より現場の状況を把握しやすくなる。しかし、動画像はデータ量が膨大であり、大規模な容量の記憶媒体および通信回線が必要となる。また、撮影がア

ナログビデオカメラで行われた場合、映像をデジタル化する処理が必要となる。

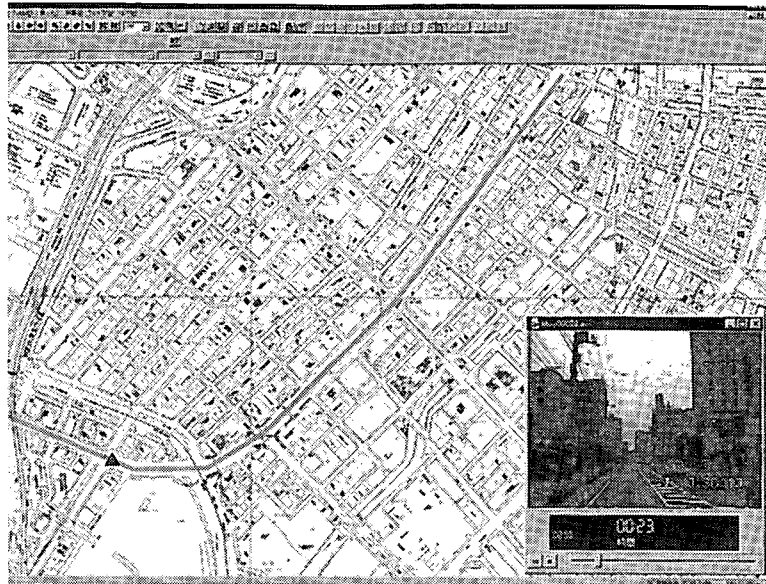


図 4.5.4.1 GIS と動画を組み合わせた例

(2) 動画像の作成方法

一般のアナログビデオカメラで撮影した映像をデジタル化する場合、PC にキャプチャボードを介して行う。通常の国内における録画方式は NTSC 方式と呼ばれ、これに対応したキャプチャボードは数万円であり、比較的手軽にデジタルビデオデータが作成できる。ただし NTSC 方式の場合、ビデオの表示速度に PC のディスクへの書き込み速度が追いつかない場合があり、この結果フレーム落ち等が発生して動画像の品質が低下する。

一方、デジタルビデオを利用すると、デジタルビデオ用のインターフェースを利用してデジタルデータのまま PC のディスクに書き込むため、画質・音質はある程度確保できる。この場合のキャプチャボードは数万～数十万円のものまでで、NTSC と比較してやや高価なものが多い。デジタルビデオが普及し始めたため、今後はボードの低価格化も期待できる。

(3) ビデオ・オン・デマンド (Video on Demand: VOD)

ケーブルテレビなどで、視聴者からの要求に応じて即座にビデオ画像を配信する技術である。VOD では、ケーブルテレビを双方向にして、視聴者のリクエストが番組供給者に届くようにする。番組供給者は番組を、デジタル動画像の形でビデオサーバーという送り出し用の機械の中に蓄えておく。ビデオ・サーバーは、同時に多数の視聴者に同じ番組を、異なるタイミングで送り出す能力があり、視聴者からのリクエストに応じて、その場で番組の送り出しを開始する。このように、VOD ではテレビと通信の両方でデジタル化が必要となる。ビデオサーバーは、多数の動画像をマルチタスクで同時に送信する高性能コンピュータが必要となり、受信側の端末も、リクエストを番組供給者に送り、また送られてくるデジタル動画像を再生するパソコンが必要となる。この技術を震災対策に利用する例としては、現場のヘリコプター等からの動画像をビデオサーバに蓄積し、要員が必要に応じて動画像を見ながら被災状況を把握することが考えられる。

なお、VOD ではビデオサーバにがかかるため、同じ番組を複数のチャンネルで時間をずらして放送し、視聴者は待ち時間が少ないチャンネルを選ぶ、ニア・ビデオ・オン・デマンド (NVOD) という方法もある。

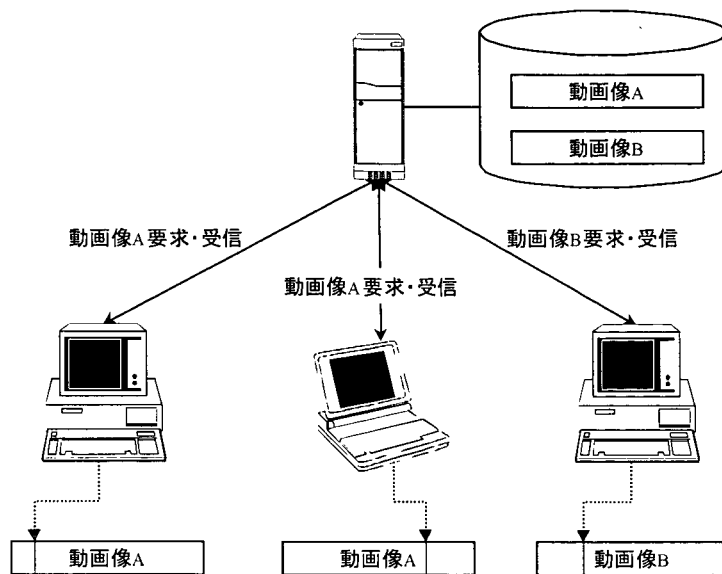


図 4.5.4.2 動画像を複数のクライアントに送信する VOD

【補足：システムで利用可能な動画像の種類】

動画像データのフォーマットについては、システムで利用することを考慮すると、一般に用いられているもので、ある程度の画質を保ち、圧縮率の高い MPEG フォーマット、インターネットでの普及率が高く標準化を積極的に行っている QuickTime および AVI フォーマットの 3 フォーマットが考えられる。以下にその概要について述べる。

① MPEG

Motion Picture Experts Group の略。元来は、この方式を開発した作業グループの名称であったが、圧縮方式の愛称をさす言葉として定着した。MPEG には、ビデオ CD などでは利用されている MPEG1、DVD やデジタル衛星放送などで利用されている MPEG2 等がある。MPEG1 のデータの伝送速度は 1～1.5Mbps、MPEG2 では 5～30Mbps で、画質は MPEG2 の方が高い。すなわち、画質がよいほど大きい伝送速度が必用となる。

MPEG 方式では、動画は隣接するフレームが同じような画像であることが多いことを利用し、フレーム間の差分を取ることで情報量を減らし（図 4.5.4.3）、その上で DCT（離散コサイン変換）に基づく圧縮をかける。したがって、隣接するフレーム間での差が激しい動画像の場合、情報量が減らないために圧縮率を上げなければならない、結果的に画質が劣化してしまう。また、高い圧縮率下では、JPEG と同じノイズが発生しやすい。

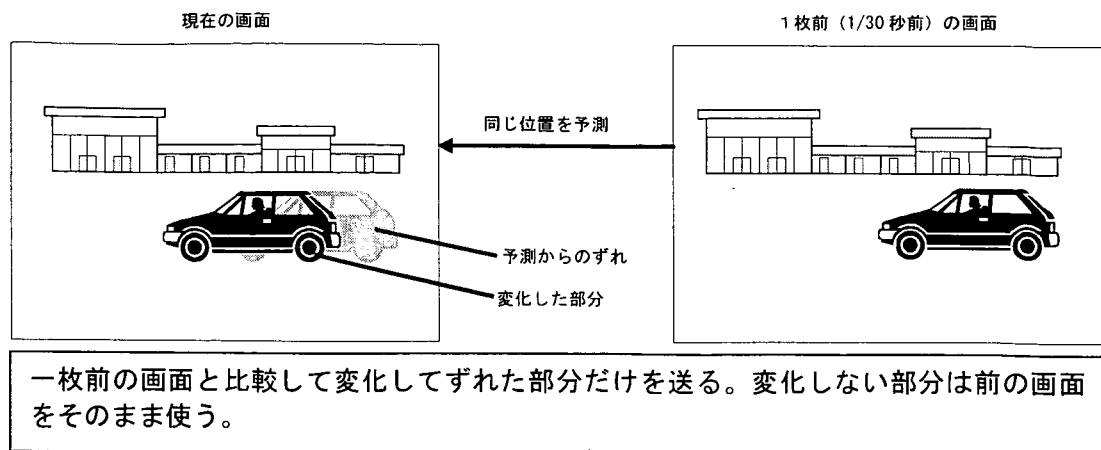


図 4.5.4.3 MPEG の画像圧縮技術…フレーム間予測

②QuickTime

複数の PC 用 OS に対応したマルチメディア拡張ソフトである。ビデオやアニメーションなどの動画を制御するためのもので、アメリカ合衆国のコンピュータ企業が開発した。インターネット上で扱われる動画の 6 割は QuickTime (残り 3 割は MPEG) を用いていると言われており、MPEG ソフト再生機能をサポートした QuickTime なら、実に 9 割の映像データを再生できることになる。

③AVI

合衆国の OS 開発企業が開発した、動画再生のためのファイル・フォーマット。音声データと画像データを交互に配置したインターリーブ形式を採る。

4.6 意思決定の支援に必要な技術

4.5 で解説した技術は、蓄積された情報を有効な方法で表示・分析することによって、震災対策活動を効率化するものであったが、ここではさらにそれを発展させ、与えられた状況において、必要な措置を最適化する技術について解説する。

これらの技術は、理論の適用性やモデルの有効性等についてまだ研究がなされている段階であるが、要求する精度によっては現在でも適用可能なものもあり、また将来的に導入される見込みが高いものである。これらの技術は、状況に基づいた対応の最適化を行うものであり、以下のようなものが含まれる。

- ・点検・迂回ルートの設定技術
- ・人員・資機材配置の最適化技術
- ・復旧箇所等の優先順位最適化技術

4.6.1 点検・迂回ルートの設定技術

点検・迂回ルートの設定技術は、被災箇所の情報と、ルートの交通状況等に基づき、各箇所に最短で到達できるルートを探索、設定する技術である。ある点からある点までの最短ルートは比較的簡単な手

法によって設定可能であるが、その際、地震後の交通状況に留意するのがよい。

【解説】

(1) 任意の地点間の最適経路の探索

被災箇所の点検や緊急活動は、より効率的な点検ルートや迂回ルートを見出すことで、より効率的に行なうことができる。最適経路は、道路ネットワーク上の各区間の距離や移動所要時間が分かっているならば比較的簡単なアルゴリズム（Dijkstra 法、Floyd 法など）で発見できる。震災対策活動に活用する二地点間の最適経路の考え方としては、以下のものが考えられる。

- ・二地点間の最短距離経路を探索する
- ・二地点間の最短時間経路を探索する
- ・二地点間の経路のうち、経路遮断や事故等のリスクが最も少ない経路を探索する

このうちここでは、一般的に最も必要となることが多いと考えられる最短時間経路を探索する方法を解説する。

①区間距離に基づいて探索する方法

この場合、二地点間の距離が最短となる経路が探索される。走行時間や交通量などのデータを必要としないので、最も手軽に実現できる。ただし、この経路を最短時間経路として用いる場合、交通状況によっては必ずしも最短距離経路が最短時間経路とならないことに注意しなければならない。たとえば交通容量が充分大きな幹線道路があるにも関わらず、より距離が短いために交通容量が非常に小さい道路が経路に含まれた場合、地震後はおろか平常時でさえ交通混雑のために経路所要時間が長くなる。

②平常時の実測値等で設定された区間所要時間に基づいて探索する方法

実測値を用いた区間所要時間の設定は、道路交通センサ等の観測データを用いることで容易に行える。ただし、その際には朝夕の混雑時間帯による観測値を用いたり、さらにそれらを割り増しするなど、できるだけ震災時に悪化すると予想される交通状況に近づけることが望ましい。また、地震後の交通需要そのものが平常時と著しく異なる場合、この値の妥当性に注意しなければならない。このほか、観測地点が限られるため、多くの道路区間の区間所要時間を計算等により別途与える必要がある。より広範囲の交通状況の把握については、リモートセンシング技術と画像解析技術を組み合わせたり、ITS の情報を活用するなどして、区間速度を面的に捉えるような技術も将来的に可能性がある。

③区間所要時間を交通推計に基づいて設定する場合

区間所要時間の設定法として、震災時の交通状況を推計計算により再現し、その結果得られる区間走行時間等を用いることも考えられる。この方法では各区間の区間所要時間を一度に求めることができる。最も簡単な方法は、通常交通推計に用いられる 4 段階推計法等の手法であるが、震災時の交通状況を取り扱うにあたっていくつかの問題点があることに留意しなければならない。

まず、発生集中量の推計であるが、地震発生後には、平常時と異なる状況下で避難、見舞いや公的・私的な物資輸送活動等、平常時とは大きく異なる目的の交通需要が発生する。一方、通勤・通学、帰宅、買物といった目的の交通は、平常時から大きく減少するはずである。現在のところ、震災時の交通需要に関しては、被災者の救護や瓦礫の運搬といったいくつかの項目に対して研究が成されているところであるが、体系的な推計のためにこれらのモデルの一般化が図られなければならない。現時点では、平常時の発生集中交通量を何らかのモデルで変化させることと、震災時に特有な交通需要に関して個別にモデルを構築する方法が最も実用的であろう。このとき、ゾーン区分を避難場所となる学校や公民館、防災拠点の立地・分布が適切に反映されるよう配慮すべきである。

発生集中量の起終点間への分配（OD 分配）については、成長率モデル、グラビティモデルなどが一般

的に用いられる。目的別に OD 分配を推計する限りでは、起終点の選択には問題はないと考えられるが、その際のゾーン間抵抗には注意を要する。たとえばゾーン間抵抗にゾーン間距離や所要時間が用いられることが考えられるが、震災後の道路被害に関する情報がどの程度迅速にユーザーに提供されるかによって、考えるネットワーク状態と抵抗として用いる値を判断しなければならない。ネットワーク状態としては、ユーザーへの情報伝達が遅ければ平常時のもの、被災情報が迅速に伝達されれば震災後の被災状況を反映したものが妥当であろう。また、抵抗として用いる値は、交通状況に関する情報が無ければ平常時の最短旅行時間かネットワーク上での最短距離を選ぶべきであり、交通状況に関する情報をユーザーの多くが取得しているのであれば、被災した状態のネットワーク上での最短時間を選ぶべきである。

交通機関分担については、平常時にはロジットモデルのパラメータ推定や実績に基づく回帰式などでモデルを設定するが、震災時には状況が大きく異なる。たとえば大規模な震災の場合には、公共交通機関の多くが利用できないことが考えられ、自動車総量あるいはこれに基づく値を用いることや、鉄道交通のトリップがバスに転換するなどの処理が考えられる。

ネットワーク配分は、最も一般的にはユーザー均衡配分あるいはこれに順ずる配分が利用される。震災直後の状況下では必ずしもユーザー均衡の仮定を用いることが妥当とはいえないが、震災から一定期間を経た時点ではユーザー間に交通状況の情報が行き渡り、これに近い状態を想定することが妥当な場合もあると考えられる。また、震災直後の混乱期の状態を再現するのであれば、動的な配分が必要となる。このほか、地震後のネットワーク被災に基づくゾーン間接続状況や旅行時間によってはトリップ自体が取りやめられる現象も無視できないため、被災後の状況をより正確に再現する必要があるときには、複雑なモデルや手法が必要となる。

地震後の交通状況は、平常時にも増して不確実な要素が多く、現状においては平常時の推計に用いられる一般的な推計手法を用いざるを得ない。ただし、少なくともこの方法は固定的な情報に基づいた①や②の方法に比べて地震後をよく反映できる可能性が高い。したがって、この方法を用いる場合には、適用する手法が実際に起こるであろう状況とどのような違いがあるのかを明確にすることと、将来、個別の推計手法が高度化された場合に容易にモデルを入れ替えることができるよう、推計技術のモジュール化、モジュール間のインターフェイスの整理を明確にすることには配慮すべきである。

④実際に地震が発生した後の観測データに基づいて区間所要時間を設定する方法

たとえばトラフィックカウンタのデータを地震発生後にリアルタイムで用い、区間所要時間を算出して最短時間経路を探索する方法も考えられる。また、ITS の技術により区間の走行速度を取得することも考えられる。この場合、トラフィックカウンタ等の設備が地震後も正常に稼働しなければならないこと、このような設備が設置されていない区間については別途区間速度を推計する必要があることに注意しなければならない。

【補足：複数地点を通過する巡回ルート最適化】

複数の点検所要箇所を迅速に巡回する場合など、最適な巡回ルートを検索することが必要な場合もある。複数地点を通過するルートの最適化問題は、 n 個のサンプルを重複なく並べ替える、重複なし順列問題として解くことができる。このとき n 個の地点をすべて通過する巡回ルートの組み合わせは $n!$ 個のパターン存在する。 n の値が大きな場合、この計算には膨大な時間を要するため、モンテカルロ法や遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を用いた巡回ルートの組み合わせを行い、最適な巡回ルートを検索する方法が効率的である。なお、巡回ルートの最適化に際しては、各地点間の最適ルートを求めておく必要があり、この地点間最適ルートについては【解説】で示した手法で求めることができる。

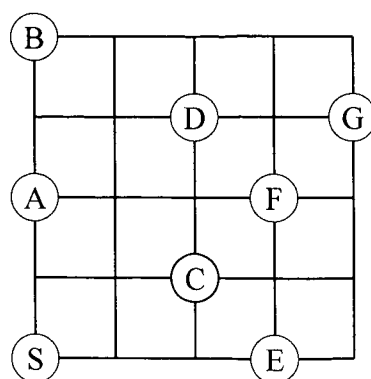


図 4.6.1.1 巡回ルートの最適化

いま、S 点を起終点とし、A～G までのすべての地点を通過する巡回ルートのうち、最も早いルートを考える。この場合、起終点は決まっているのでルート選択パターンは、A～G の 7 地点の並べ替えの組み合わせパターン数だけ存在する。すなわち組み合わせパターン数は $7! = 5040$ パターンである。このすべてについて巡回ルートの所要時間を比較することで厳密な最適巡回ルートを求めることができるが、時間的な制約を考えると、より効率的な方法が必要となる。モンテカルロ法や GA はこのような方法の例で、前者は巡回順序の組をランダムに多数発生させ、そのなかで最も最適な巡回順序の組み合わせを最適解とするものである。また後者は、生物における遺伝子の競争・選別をシミュレートし、最も効率的な巡回順序をモンテカルロ法よりも効率的に求めるものである。

4.6.2 復旧箇所等の優先順位最適化技術

道路の緊急啓開等の応急対策および復旧にあたっては、各箇所の被災の継続による社会的な影響を加味し、対応の優先順位を定める必要がある。その際考慮すべき条件には以下のような事項が含まれる。

- ・施設被災の緊急活動への影響
- ・施設被災の被災地域内外の経済活動への影響
- ・施設被災の二次的な災害への影響

【解説】

建設省の所管施設被害は、道路施設や下水道施設、水門、堤防等の河川施設のように、被害の影響が他に影響する相互依存性の施設被害と、急傾斜地等の被害で道路等に被害をもたらさない場合のような相互依存性がない施設被害に大別できる。このうち相互依存性がない施設被災については、個々の施設の復旧による効果を比較することで復旧優先度を設定することが可能であるが、相互依存性を有する施設被害の場合は、施設システム全体における復旧効果を定量的に把握し、評価する技術が必要となる。以下、道路ネットワークの被害について解説する。

(1) 復旧による効果の把握

道路のようにネットワーク性を有する施設の復旧優先度は、ネットワークの区間ごとの復旧効果を把握した上で設定する必要がある。ネットワークの区間ごとの復旧効果を把握するためには、ネットワー

クの連結性や大量・効率性に着目して評価する方法と、区間が復旧による目的の達成度や経済波及効果等を効果量関数として指標化し評価する方法が考えられる。なお、区間の復旧効果の把握にあたっては、着目する区間についてのみ評価するのではなく、ネットワーク全体に及ぼす効果を評価すること必要となる。

①連結性、大量・効率性にに基づく方法

ネットワークの連結性については、着目する被災区間を復旧させることによって連結性、大量・効率性を示す指標、すなわち孤立地点数や各地点間の距離・所要時間、あるいは設定時間内に目的地に到達できる確率等がどの程度変化するかで判断することができる。これらの指標は、比較的簡単に求めることが可能であるが、道路ネットワークのようにネットワーク上を流れる対象が複数の異なる目的を有する場合においては、一方の目的を達しても、他方の目的が十分に達せられないなどの問題がある。また、道路に関する評価結果と他の施設に関する評価結果を等価な形で比較しにくい。

②時間便益、経済波及効果等を用いた方法

例えば、災害時における交通の効果は、さまざまな目的の達成度を示す関数を指標として定量評価することができる。このようにネットワーク性を有する施設の復旧効果は、復旧によって得られる効率性の向上度を時間便益や経済波及効果量として定量化することにより評価することが可能である。

時間便益は、交通計画において平常時から用いられている指標であり、災害時の交通を論ずる場合には、これを適用することが最も簡便な方法として考えられる。ただし、被災時の交通は緊急活動のための交通とそれ以外の交通がネットワーク上に混在しており、緊急活動交通に対する時間便益とそれ以外の交通に関する時間便益を別途求める必要がある。経済波及効果については、対象とする施設によって算定モデル・方法が異なる。たとえば道路の場合、旅行時間の増加による生産効率の定価など、交通推計、経済モデルおよびその接続のための手法の開発・高度化が必要となる。

(2) 制約条件下における復旧組み合わせの最適化

被災した施設の復旧については、最終的にはすべての箇所を復旧させる必要があるが、現実的には人員、資機材調達の関係上、被災箇所が多数ある場合は一度に全ての被災箇所を復旧させることは困難である。また、ネットワーク性を有する施設においては、多数の被災箇所を復旧させて区間復旧を果たすよりも、少数の被災箇所復旧させることで区間の復旧が果たせる区間の方が復旧の効率が良い場合もある。このように、施設復旧にあたっては、様々な制約条件の中で復旧の効果を最大限に活かせるよう、優先度を設定する必要がある。このような問題は、本質的には4.6.1の【補足】で述べた巡回問題と同じである。

4.6.3 人員・資機材再配置の最適化技術

震災対策活動のための人員・資機材の配置においては、事前の検討による準備配置の最適化と、地震発生後の状況に応じた最適化が必要である。事前の配置最適化は、備蓄基地の立地制約等によるところが大きい。地震発生後の最適化は、復旧箇所等の優先順位に基づき、適切な解析を行う必要がある。

(1) 地震発生後の状況に応じた最適化

震災対策活動を効率的に実施するためには、手戻りやロスのない手順で活動するよう努めるとともに、

限られた人員・資機材の最適な配置にも気を配らなければならない。このような作業手順や人員・資機材等の配置最適化を図るための技術として、オペレーションズ・リサーチ（Operations Research：OR）が挙げられる。ORでは、想定される様々な制約条件下において、ある目的を達成するための最適な方法を数学的に解く手法であり、問題の性質や目的・制約条件に応じていくつかの解法が使い分けられる。

①人員・資機材の最適化技術

まず、震災時の人員・資機材等の配置最適化問題の解法として線形計画法が考えられる。線形計画法は、制約条件は連立する一次方程式または不等式であって、目的関数が一次式で与えられる場合の解法である。例えば施設復旧活動における人員・資機材等の最適化問題を線形計画法を用いて解く場合には、個々の施設復旧に係る人員・資機材の総数や復旧日数等を原単位として設定し、復旧による効果量や復旧に要する時間等を目的関数として、目的関数を最大化あるいは最小化するための方策を決定する。

②作業工程の最適化技術

震災対策活動をより効率的に進めるためには、それぞれの活動スケジュールの管理が必要である。特に、震災時においては人員・資機材等の制限が生じるため、作業期間の短縮を図ったり、限られた人数で作業期間を延長することなく活動を行うためには、PERTや山崩し法、CPM等の手法を用いて対策活動のスケジューリングを効果的に行うことが求められる。これらの手法は、ともにアローダイアグラムを利用して作業終了までの所要期間を短縮し、あるいは制限条件下における人員・資機材等の投入計画を検討するための手法である。

PERT（Program Evaluation and Review Technique）は、アローダイアグラムを用いて作業全体の工程を左右する作業手順、すなわちクリティカル・パスを求める手法であり、作業行程表として一般的なガントチャートを作成することができる。山崩し法（Leveling）は、作業上必要となる人員・資機材数をグラフ化し、そのピーク値を下げる方法、すなわち作業に必要な人員・資機材数等を少なくする方法を検討する手法である。また、必要な人員・資機材数等を少なくするためには、作業工期を延長することも考えられるが、震災対策時においては、むしろ工期を短縮するために作業の機械化等が検討される場合が多い。このような作業効率の改善については、CPM（Critical Path Method）を用いて効率的な作業性の改善を図ることができる。

(2) 事前の検討による準備配置

(1)で解説した方法は、地震発生後の緊急時には必ずしも効率的に利用できない。したがって、平常時において地震被害のシナリオを複数想定し、それらに対する最適計画を検討し、地震発生後にはその中から事前に検討したパターンに最も近いものを選び出す方法（パターンマッチング）がよい。また、災害発生後には必ずしも計画どおりの行動を行うのではなく、現場の判断でフレキシブルな対応を行なうことがよい場合も多いが、このことは必ずしも事前の計画を無意味とするものではない。事前の計画が適切になされていれば、災害発生後の臨機応変の対応に必要な情報が増え、また検討しなければならない選択肢を限定することができることから、平常時の危機管理計画と地震発生後のフレキシブルな対応の双方が必要である。

5 章 震災情報システムの安全性に関する検討

5.1 震災情報システムの耐災害性

震災情報システムは、それ自体が地震後にも機能するよう、十分な耐災害性を有していなければならない。そのためには、データや処理を分散化することによりリスクを軽減するのがよい。また、万一震災情報システムが稼動しない場合にも、極力有効な震災対策活動が可能となるよう、準備をする必要がある。しかしながら最も大切なのは、システムの管理者すなわち最高権限者を組織内で適切に定め、組織としてこれをバックアップすることが最も重要である。

【解説】

震災情報システムは、地震発生時にもその機能を発揮しなければならないことは当然であるが、実際にはこれを阻害するいくつかの要因がある。本節では、震災情報システムが地震等の災害にあっても必要な機能を発揮するために、システム地震が有すべき耐災害性の確保方法についてまとめている。しかしながら、想定を超える外力や不測の事態によってシステム機能の全部あるいは一部が停止することを無視することはできない。そのような状況は、想定される事態よりもさらに危機的な状況にあると考えられるため、不測の事態にあっても可能な限り適切な震災対策活動を行なうことができるよう、事前に配慮すべきである。

しかしながら、平常時～災害時を通してシステムを適切に管理するためには、システムの運用に関する最高権限を持った管理者を適切に定めることが必要である。管理者は単に情報システムに詳しいのみでなく、日常のトラブルや災害時の対応といった組織要員としての広範な知識と適切な行動が求められることに配慮すべきである。一方、組織としても、管理者を単に情報システムの操作員と捉えるのではなく、システム運用のための活動を適切に支援しなければならない。このことは本節で述べる耐災害性のみならず、5.2の述べるセキュリティの確保においても重要な事項である。

5.1.1 震災情報システムの要素システムの耐災害性の向上

震災情報システムの耐災害性を高めるためには、それを構成する要素システムの耐災害性を高める必要がある。そのためには、たとえば以下のような事項について留意しなければならない。

- ・機器設備の設置方法
- ・通信回線に対する配慮
- ・電源に対する配慮
- ・空気調和設備に対する配慮

【解説】

(1) 機器設備の設置方法

震災時にコンピュータシステムを安定運用させるためには、システムを整備する拠点施設の立地条件や建物の構造・設備などに配慮し、地震の影響を最小限にする必要がある。配慮すべき内容は以下のと

おりである。

- ・施設の立地環境については、可能な限り地震の影響を受けにくい場所を選定する
- ・建物は地震に対して十分な強度を確保する
- ・機器設備の設置場所は、建物の中で地震の影響の少ない位置に設置する（ただし、浸水の影響を受ける地下部分は避けるべきである）
- ・地震による火災からシステムを保護するために、建物を火災の延焼から防ぐ防火構造とする
- ・システム設置場所の消火システムについては、水によるものを避ける
- ・特に情報機器、記録媒体を設置保管する部屋は、壁・床に不燃材料を用い、さらに内装・ブラインド・じゅうたん等についても防火性能を持ったものを使用する
- ・建物及びフロアの出入り口の扉は、十分な強度を持った防火戸等とする
- ・建物及びフロアの窓ガラスは、破損、飛散及び落下防止の措置を講ずる
- ・建物及びフロアの内装及び照明器具は地震時に落下あるいは損傷しない措置を講ずる
- ・地震を感知し、揺れの最中にコンピュータシステム等の運転を制御する設備を設置する
- ・機器設備・記録媒体・ドキュメント・本棚等には滑動や転倒防止の措置を講ずる
- ・災害時用の予備機器設備を設置する場合、本来の機器設備とは離れた位置に設置する

ただし、状況によってこれらの項目を実現するにあたっての障害やコストは異なる。緊急時にシステムが全くあるいは一定期間作動しない場合の損失や影響を考慮し、必要な事項について対処すべきである。

(2) 通信回線に対する配慮

複数のコンピュータシステムがネットワークにより接続され、一体となって運用されている場合、地震による回線の切断はシステムに大きな影響を与える。回線の切断による影響をできる限る避けるために、以下の措置を講ずる必要がある。

- ・回線切断による影響を最小限にするため、可能な限り迂回回線を確保し必要に応じて回線を二重化すべきである。少なくとも重要な回線については二重化の措置を講ずる
- ・必要に応じ、専用線のみによる接続や同一会社のみとの契約を避け、複数サービスの確保を行う
- ・端末の局が通信不能となるのを防ぐため、ループ状のネットワーク形態を考慮する

(3) 電源に対する配慮

システム特にネットワーク、サーバ等の稼働に必要な電源設備については、停電に対する措置を講じ、一般の商用電源が停止した場合であっても、安定稼働に必要な電力を供給できるようにする。

- ・電源設備に対しても(1)と同様の事項に配慮する
- ・災害時の停電対策として自家発電設備・蓄電池等を設置する、停電時には自動的に発電設備からの電力供給に切り替わるような仕組みにする
- ・地震発生後の停電に備えて、ネットワークを含むコンピュータシステム等にはUPS（無停電電源装置）等を設置し、瞬断によるシステムのクラッシュをにも対応できるようにする
- ・なおUPSは長時間の停電に対応できないため（10分程度以内）、基本的には自家発電装置等に切り替わるまでの利用を想定する
- ・UPSのバッテリーの寿命は、2年から5年であり、定期的な点検と交換が必要となる。劣化したままのバッテリーを使用し続けると、実際に停電が起きたとき2、3分しか持たない場合があり注意が必要で

ある

(4) 空気調和設備に対する配慮（コンピュータに設備を必要とする場合のみ）

大規模なホストコンピュータや多数の情報機器を設置している場合、装置の安定稼働のために空気調和装置が必要な場合がある。これらは直接情報処理に関わるものではないが、電源と並んで非常に重要な設備である。このような場合の空気調和設備に対する配慮点は以下のとおりである。

- ・ 空気調和装置については防火措置及び防水措置を講じ、水冷式空気調和装置を使用する場合においては断水に対する措置を講ずる。
- ・ 空気調和装置はなるべく専用とし、電源装置に関してもコンピュータシステムと同様に停電・瞬断対策を講ずる。
- ・ 空気調和装置は安定稼働に必要な設備であるので、二重化し常時二系統稼働させるようにする。

5.1.2 データや処理の多重化・分散化によるリスク分散

個別に耐災害措置が施された場合でも、震災情報システムの要素システムが稼働不可能となる場合がある。そのため、蓄積しているデータを分散したり、処理の分散化・多重化を図ることにより、震災情報システムのリスクを分散させる必要がある。

【解説】

(1) 多重化

システムが稼働不可能な状況にも対応可能とするため、機器、通信回線、データベースを多重管理することで信頼性の向上を図る必要がある。

① システムの多重化

ハードウェアそのものへの地震被害を想定して、端末やサーバ等を含む主要なハードウェアすべてを多重化することが望ましい。ハードウェアの部分的な障害が発生した場合、多重化された機器を用いて処理が可能となるほか、その部品が規格化されたものならば迅速な交換を行うことが可能になる。情報機器の部品に障害が生じた場合、平常時においても部品を入手するまである程度の時間が必要であり、震災時では平常時よりはるかに入手困難な状況になると想定できる。したがって、特に重要なサーバに関しては同一の機能を複数のサーバに持たせ、クライアントについては数に余裕を持って準備することが必要となる。

② 通信回線の多重化

通信回線そのものへの地震被害を想定して、主要な回線は複数ルート化（異なる方式による）しておく。また、分散協調型のネットワーク構成が可能な TCP/IP の特性を活かして、ある特定の施設への被害がネットワーク全体の障害に及ばないよう、プロトコルの選定を含むネットワーク設計に配慮する。

③ データの多重化

データの多重化には以下の二通りが考えられる。

- ・ 同一のシステムでデータに冗長性を持たせ、障害の確率を減らす方法
- ・ 同じデータを複数のシステムに持っておき、通常使用しているシステムに障害が生じた場合に別のシステム（バックアップシステム）が稼働することで機能を確保する方法

前者の方法には、複数のハードディスクを用いて安全なデータ操作を行う RAID（レイド）方式などがある。

る。後者は①のシステム多重化を応用するもので、データを地理的にはなれた複数の場所で保管し、オリジナルのシステムに障害が生じた場合にはバックアップシステムが稼動するものである。

(2) データのバックアップ

システムを多重化するとともに、災害や日常のトラブルに備えてデータ及びソフトウェアのバックアップをとる必要がある。コンピュータのバックアップは、災害対応のみではなく、日常的に生じる以下のようなトラブルに対処するためにも必要である。

- ・ ファイルを誤って消した場合、上書きしてしまった場合などの人的なトラブル
- ・ ディスククラッシュ、電源障害などハードウェア上のトラブル
- ・ アプリケーションエラーなどのソフトウェア上のトラブル

災害に限らず、平常時におけるさまざまな理由によるデータの損失は、適切なバックアップでほとんどの場合防ぐことができ、被害を最小限に食い止めることが可能である。情報システムの適切な管理の点からもバックアップ体制を確立しておくべきである。

(3) バックアップに当たっての注意点

バックアップの要点は、バックアップしたデータが確実に元どおり復元できるかどうかにある。この要求を満たすためには、①バックアップメディア（媒体）、②バックアップソフト、③バックアップ手順のすべてが適切でなければ信頼性は保持できない。たとえば、信頼性の低いメディアで発生したエラーはソフトウェアでは修復することは不可能である。また、適切なバックアップ手順でバックアップしなければ必要なデータが正しく保存されない可能性がある。以下、震災情報システムのサーバ機能を有する比較的大容量のシステムのデータのバックアップにあたっての注意点を示す。

① バックアップメディアの維持管理方法

バックアップに用いられる媒体は、ほとんどの場合磁気媒体である。特にサーバのように大容量の記憶量を持つシステムのバックアップには磁気テープが使われるが、この場合テープが磁気ヘッドに接触しながら読み書きを行っているため、使用時間の経過と共に摩耗し劣化していく。磁気テープが使われた回数を管理し、メディアの耐久仕様を参考に早めに交換することが望ましい。たとえば、DAT 磁気テープの読み書きの寿命はカタログ値で約1年間、250回ぐらいの使用回数に耐えられるようにできているが、実際は半年ぐらいで交換することを推奨している。このようにカタログ値より余裕をみて対応する必要がある。また、一部のメディアを除くと媒体自身の劣化や磁気の低下によって情報が失われるおそれがあることに注意を要する。

・ 保管環境

保管環境については人間が快適に暮らせるような環境で保管するれば問題なく保管できるが、温度、湿度、日射には十分な配慮が必要である。

・ 保管場所

保管場所は、バックアップ原本と同時に被害に遭わないよう、適切な場所で保管する必要がある。この場合、保管に関するセキュリティ（保安性）の配慮も必要である。

・ メディアのメンテナンス

磁気テープを再使用せずに長期的に保管する場合、少なくとも1年に1回はテープのテストと巻き送り・巻き戻しを行うのがよい。リールに巻かれたままの状態でも長期間テープを保管しておくと、テープとの間で磁気転写が起きる可能性があるためである。磁気テープを何年も保管する場合は、保存期間を

決め古いメディアを定期的に新しいメディアにコピーすることが望ましい。

- ・メディア装置のメンテナンス

テープドライブ装置等の接触型のものは、ヘッドにテープが接触しているためヘッドが汚れやすい。使用時間に応じたヘッドのクリーニングが必要となる。

② バックアップソフト

バックアップシステムのユーザインターフェイスの設計が悪いシステムでバックアップ操作を行うと、オペレータが操作を誤る可能性が大きくなる。なるべくインターフェイスの良い利用しやすいソフトを選択することが必要である。また自動バックアップを行った場合でも、正確に目的のデータがバックアップできているかを確認する必要がある。

③ バックアップ手順と方法

- ・管理者の特定

バックアップを行う管理者を定め、責任と権限を持たせる。また、バックアップを定期的に行うようにする。

- ・マニュアル作成

緊急時などで、通常のバックアップ管理者以外の者がバックアップあるいは復元作業を行うことも考えられる。そのために、バックアップの手順およびバックアップからの復元方法をだれが見ても判るように文書化する必要がある。この場合、バックアップや復元の作業を行ったことのない技術者以外の者が見ることを想定して、電源の入れ方、テープのドライブへの入れ方などの詳細な内容とする必要がある。

- ・バックアップ手順方法の検証

バックアップを手順どおりに行えば確実に復元できることを検証し、また定期的にバックアップシステムをテストしておくことが必要である。

- ・トレーニング

災害時においてもバックアップデータの復元をスムーズに行えるようにするには、システム管理者以外の数人がバックアップ操作を可能なようにし、その手順をトレーニングする必要がある。

- ・世代管理

バックアップはできる限り世代管理することが望ましい。世代管理によって、バックアップの不慮の上書きの防止や、不正が行われた時期内容等の特定が可能となる。世代管理では、数ヶ月前、数日前という時点に戻ることが可能なように定期的にバックアップを行い、バックアップの日付、内容、媒体等を記録して誰が見ても判るように管理する。

【補足：データの多重化方法の例：RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)】

RAID とは、比較的安価なディスクを複数台用いてアクセスを分散させ、高速・大容量で信頼性の高いディスク装置を実現するための技術である。'87 年に、米カリフォルニア大学バークレー校の David Patterson 氏によって提唱された。高速で信頼性が高いデータ記憶を、一般的で安価なディスクドライブ装置によって実現することを目的としている。RAID は、機能によって RAID0 から RAID5 の 6 段階に分けられ、特に RAID0, 1, 3, 5 がよく使われている。

①RAID0

データを複数のドライブに分散させて、同時に読み書きすることにより、アクセス速度の向上を図った方式。ただし、1つのディスクに障害が発生すると全てのデータの読み書きができなくなる。すなわち RAID0 においてはディスクの信頼性向上はなく、データアクセスの高速化を目的としている。

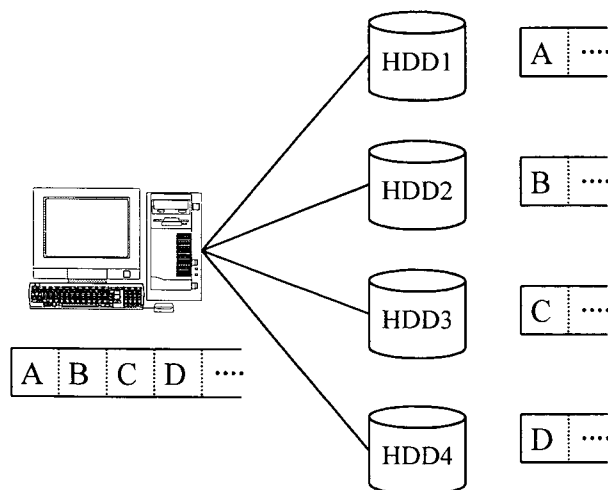


図 5.1.2.1 RAID0 の概念

②RAID1

2 台のハードディスクに同時に同じデータを書き込みことでデータの安全性を高めた方式。この方法にはミラーリング、デュプレキシングという二つの方法があり、ミラーリングではサーバの一つのインターフェイスに複数のドライブが接続され、デュプレキシングではインターフェイス自体が二つ存在する。ある容量のデータを記憶するために、ディスクの数に応じて二倍、三倍のディスクを準備する必要がある。RAID1 は、RAID0 とは逆にデータ記憶の信頼性向上が目的であり、高速性を目的としていない。

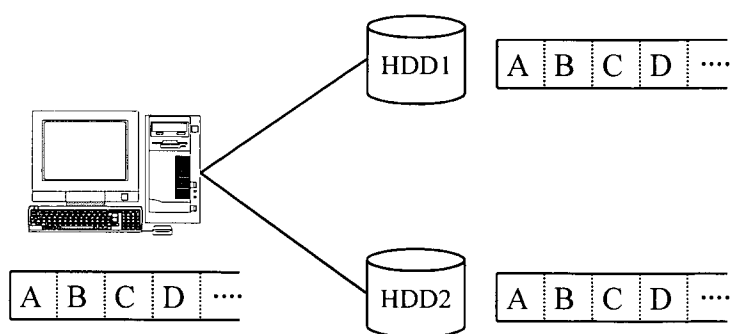


図 5.1.2.2 RAID1 の概念

③RAID2～5

これらの方式は、ドライブにデータを書き込む際にエラーが発生したかどうかをチェックする情報 (ECC: Error Collection Code 又はパリティ情報) を追加するもので、データを複数のドライブに分散することによって高速に読み書きしながら、この情報を用いて部分的なエラーを訂正できる。しかしながら、これらのシステムは部分的なハードディスクの障害 (たとえばデータの 1 ビットだけが反転して

しまうような場合)に対処するためのものであり、災害のようにある程度の規模でデータあるいは装置が破壊される場合には対処できない。ただし、これらの方法はパリティ情報に基づいてシステムを止めることなく情報の復元が可能なことから、これらと RAID1 を組み合わせることによって高速で信頼性の高いドライブシステムとすることが可能である。

5.1.3 システムが使用不可能な場合への備え

各種の耐災害性措置を講じた場合でも、震災情報システム自体の地震時リスクは完全にゼロとはならない。したがって、震災情報システムがまったく使えない状態をも想定し、過去の経験も生かしながら、その場合に必要な準備を整えておくことが望ましい。

【解説】

5.1.1、5.1.2 のような対策を施したとしても、あらゆる地震災害に対して完全に機能するシステムを整備することは困難である。そこで、システムの安全性を高める一方で、それが何らかの要因によって、部分的に、あるいは全体として稼動しなくなった状況も想定した準備も必要である。

システムが利用不能となった場合に必要な準備は、システムの各機能を代替するものとして考えるとよい。たとえば地図情報システムが稼動しない場合には、紙ベースの地図が必要となる。また、被害の報告等の記録には紙のほかに黒板と広い対策室が必要となる。これらのものは、情報システムの代替としての役割だけでなく一般の震災対策にも必要なものが多いので、必要かつ十分な量を確保すべきである。また、システムが稼動しない場合を想定した体制の活動についても訓練を行っておくべきである。

5.2 震災情報システムのセキュリティ

震災情報システムの扱う情報は、必ずしも全てリアルタイムで公開するのが望ましいとは限らないものがある。また、震災対策活動の指示や機器の遠隔操作に関する情報は、故意または何らかのトラブルによる誤動作を極力排除しなければならない。そのために、震災情報システムには、そのセキュリティを確保するための措置を講じるべきである。

【解説】

すべての情報を即時に公開することが望ましくない例としては、未確認の被害の即時推定結果や、被災直後に緊急輸送のために設定されたルートなどが挙げられる。これらはその情報を開示することによって被災地域を混乱させたり、緊急活動を困難にするおそれがあるものである。このような場合、不意に情報が流出したり、第三者が故意に情報を取得することを防ぐために、システムのセキュリティ（保安性）を確保すべきである。セキュリティはシステムへの外部からの介入を防止するのが目的であり、システムへのアクセスや操作を一定の権限者に限る必要がある。その反面、高い権限を持った者に事故があった場合にもシステムの機能が制限されないような注意も必要である。

5.2.1 外部からの介入に関する問題

震災情報システムの情報・機能を外部からの介入から守り、情報の漏洩・操作を防ぐための措置を講じる必要がある。すなわち、次のような事項に対してシステムのセキュリティを確立する必要がある。

- ・システムへのアクセス権限を持っている要員による不正アクセス
- ・アクセス権限を持った要員から第三者へアクセス権限が流出する場合
- ・インターネットのように不特定多数のユーザが利用している経路からの不正アクセス

【解説】

震災情報システムに対する不正アクセスとして、以下のケースが考えられる。

- ・システムへのアクセス権限を持っている要員による不正アクセス
- ・アクセス権限を持った要員から第三者へアクセス権限が流出する場合
- ・インターネットのように不特定多数のユーザが利用している経路からの不正アクセス

ここで不正アクセスとは、機密情報の不正取り出し、データの改ざん・破壊行為等である。このほか、意図的な不正行為でないミスによって起こるデータの損失や流出も考えられる。これらが震災情報システムにおいておこった場合、震災対策活動に悪影響を及ぼす。したがって、影響が最小限になるように、以下の措置を講ずる必要がある。

(1) アクセス権限を持った要員による不正アクセスの防止

このケースを防止するためには、システムの必要なデータにアクセスできる要員すべてに対し、不正アクセスがシステムや対策活動に与える影響を認知させることが必要である。また、故意の不正アクセスに対しては、データやアプリケーションの重要度に応じてアクセスできる者を制限するとともに、データへのアクセスやアプリケーションの利用に関するモニタリングを行う必要がある。

データアクセスの権限は、要員を数段階の権限レベルに分け、各レベルに応じて利用できるデータやアプリケーションを操作できる内容を変化させるのがよい。一方、モニタリングによって、権限レベル外のアクセスや本人不在の際のアクセス、異常に多い回数のアクセスなどの異常を感知することができる。ただし、震災対策活動に関してはプライバシーの問題はそれほど大きくないが、モニタリング情報については一定レベル以上の者だけがアクセスできるようにすべきである。

(2) アクセス権限の流出の防止

アクセス権限を持たない第三者による不正アクセスは、第三者へのアクセス権限の流出から起こりやすい。一般に、システムへのアクセス権限はユーザ ID とパスワードによって識別される。特にパスワードはユーザ本人しか知り得ないようにするべきである。パスワードが流出するケースとその防止策は以下のとおりである。

①安易な語句のパスワード設定不可

安易なパスワードでは不正な第三者に見破られる可能性が増大する。他人が簡単に予測できるような安易なパスワードとして設定しないようにユーザに指導する。たとえば、文字だけではなく数字、記号を必ず含めるようにすると、文字の組み合わせが多くなり解読されにくくなる。

②パスワード管理の注意

初期パスワードを取得した場合すぐに自分のパスワードを設定する、パスワードを紙に書かない、あるいは口に出して言わないといった単純な管理の要点を徹底する。システム／アプリケーションによってはログイン時に自動的にパスワードを入力するものもあるが、原則としてパスワードは手入力とする。

③定期的なパスワード変更

定期的なパスワードの変更をユーザに指導する。同じパスワードを長期間使用することはパスワードの解読に時間的余裕を与え、セキュリティの面でも強度が低下して来る。このため、できるだけ頻繁に

パスワードを変更するのが望ましい。

④パスワード通知への注意

原則として、パスワードを忘れたなどの理由でユーザにパスワードを通知しない。第三者がユーザになりすましてパスワードを取得、変更するおそれがあるからである。管理者からパスワードを通知できる体制とする場合には、本人の確認を確実に行うような手続きを確立する。逆に、管理者をよそおってユーザにパスワードを尋ねるケースもあるため、たとえ管理者と称している場合でも、本人特定ができない場合にはこれを口外しない注意が必要である。

以上は特にユーザ側で注意すべき事項が中心であるが、システムの構築、管理にあたって注意すべき事項は次のとおりである。

①ユーザ教育

上記のような事項のほとんどは個々のユーザの注意によるところが多いので、システムの重要性に応じてユーザの認識を高めるための措置が必要である。

②ログインに関するシステム場の配慮

・ログイン時の前回日時の表示

ネットワークを通じてサーバやホストにログインするとき、前回のログインの日時を確認できる機能を設ける。この機能を設けることで、不正に第三者にアクセスされた場合に、次のログイン時にユーザ自身が身に覚えのない不正アクセスを知ることができる。この場合、不正アクセスが行われた可能性があるときの連絡方法をユーザに指導する必要がある。

・安易な語句のパスワード設定拒否

利用者が他人に容易に推測できる語句等をパスワードとして設定しようとした場合、これを拒否する機能をシステムに設けることも考えられる。拒否の設定項目としては、一定以上の文字数の要求、英数字や記号の組み合わせの要求、ユーザ名使用の拒否等が挙げられる。

・パスワード入力回数制限

ネットワークを通じてサーバやホストにログインするとき、間違ってパスワード入力した際の再入力回数を制限する機能を持たせる。これにより、不正な第三者の試行錯誤によるパスワードの入力を防止する効果がある。

・2重ログインの禁止

ひとりの利用者が同時にログインできる数を制限する。制限数を1つに限り、同じ名前で二重ログインできないように設定する。

③ユーザID管理

・長期間使用されないユーザIDの管理

異動等によりユーザIDが不要になった場合または長期間使用されないユーザIDについては、正当に利用・管理されていないことから不正アクセスに利用される可能性が高くなるため、廃止等の措置を講ずる必要がある。また、長期間ログインがないユーザに対してはユーザIDが不正に利用されても気づかないことが多く、必要に応じて通知・措置を講ずる。

・ユーザIDの共有化の禁止

複数の利用者が一つのユーザIDを共有することは避けることが望ましい。ユーザIDの共有は第三者にパスワードが漏洩する危険性が高くなるだけでなく、不正が行われた場合に不正者を特定することが難しいためである。

・利用者数の限定

インターネット等の開放的なネットワークを通じて接続する場合、ユーザ数が多いと外部からの不正アクセスのリスクが増大する。このリスクを低減するために、外部からの利用を最小限に限定する必要がある。

④パスワードの暗号化

ユーザ、管理者側でパスワードの管理に注意したとしても、ネットワークや電話回線上をパスワードが伝送される間に傍受されるおそれがある。これを防ぐためにはパスワードを暗号化するとよい。この場合の暗号化には2種類あり、パスワードの管理者がパスワードを暗号化しファイル保存管理する方法と、利用者がネットワークを通じてサーバやホストにログインするときに、回線上を暗号化してパスワードを送る方法がある。パスワードの暗号にあたっては、双方を満足する必要がある。

(4) 外部からの不正アクセス防止

インターネットのように不特定多数のユーザが利用している回線を利用している場合、第三者からの不正アクセス等の侵入の可能性が高くなる。(1)、(2)のような対策が万全であったとしても、自動的にパスワードを発生させるなどの侵入策が考へる。これに対しては、次に示すようないくつかの対策が考へられる。ただしここで、組織外部の第三者も利用するネットワークを外部ネットワーク、組織内部あるいは関係者のみが利用することを想定しているネットワークを内部ネットワークとする。

①外部ネットワークと内部ネットワークの物理的な分離

物理的な回線自体を、インターネット等の外部ネットワークと震災情報システムに関する内部ネットワークで別の系統にすることにより、外部ネットワークから内部ネットワークへの不正侵入を不可能とできる。この場合、一般的には外部ネットワークに接続されたマシンと内部ネットワークに接続されたマシンが別となり、特に内部的な業務に関する操作と対外的な業務に関する操作の連携が悪くなる。同一のマシンを外部、内部の両方のネットワークに接続することも可能であるが、この場合は外部からの侵入の可能性がある(図5.2.1.1)。

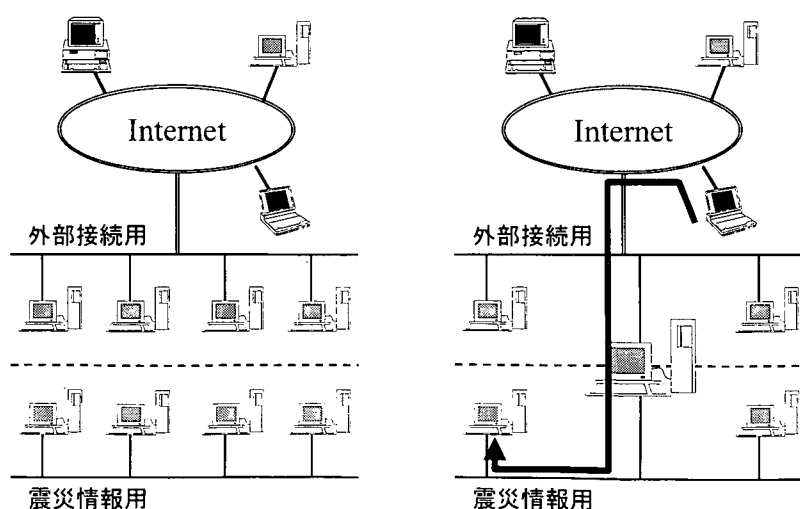


図 5.2.1.1 ネットワークの物理的分離と共用マシンの危険性

②外部ネットワークと内部ネットワークのシステムの分離

インターネットにローカルなネットワークを接続する場合、情報を制御するルータを介する。このローカルなネットワークのうち特にセキュリティを要する部分について、さらにルータを介することによって内外の接続を切り離す方法もある。これを、ネットワークのセグメント化という。

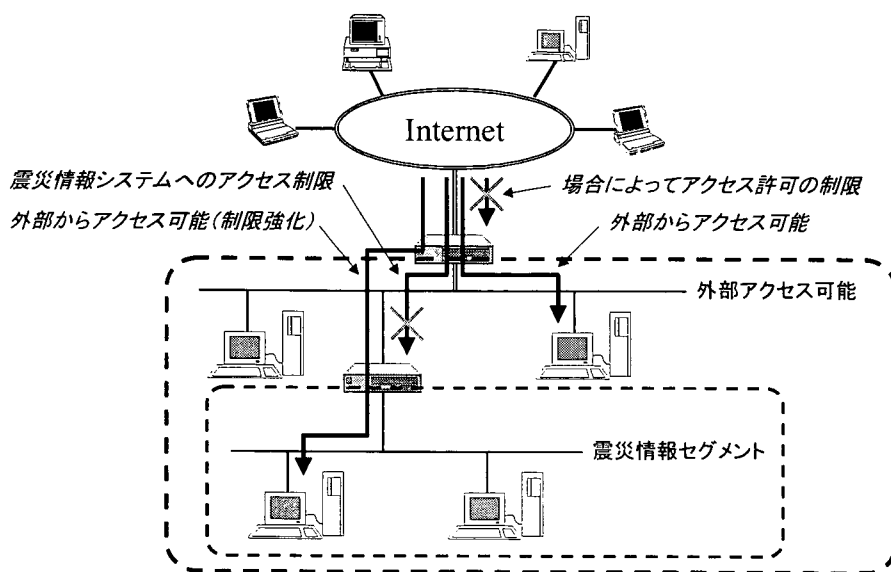


図 5.2.1.2 外部と内部ネットワークの分離イメージ図

このように、外部ネットワークと内部ネットワークの間でアクセスをコントロールするものを「ファイアウォール」と呼んでいる。ファイアウォールではウォールの内外からの要求に対して、それぞれで定めた方法によってデータの送受信に制限を加える。たとえばその例として、内部ネットワークから外部にアクセスした場合にはその応答アクセスを認めるが、外部からの一方的なアクセスに関しては認めないというものもある。

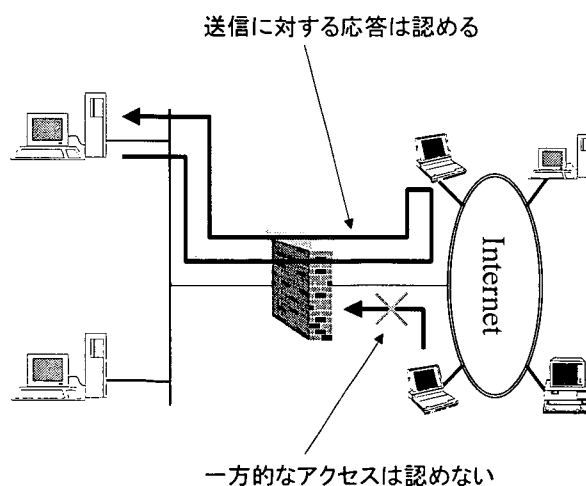


図 5.2.1.3 ファイアウォールの例

ファイアウォールによるアクセス制限の方針として、たとえば次のようなものが考えられる。

- ・原則として外からのアクセスは全て禁止し、内部からの応答のみを受けつける
- ・原則として外からのアクセスは全て禁止し、限られた特定のサイトのアクセスのみ受けつける
- ・外からのアクセスのうち、特定の語句や内容を含むサイトの情報を制限する

ファイアウォールでの制限が強くなるとインターネット上でのサービスが制限され、逆に多くのサービスを受けようとするセキュリティが低下する。

(4) 暗号化技術

システムの内外を伝送される情報は、次のような場合に傍受される可能性がある。

- ・電話回線から電磁氣的に傍受される可能性
- ・無線回線からの傍受の可能性
- ・ネットワークの通過サイトにおける傍受の可能性

特に、インターネット上では様々なユーザがサイトを持っており、情報は不特定のサイトを通過するため傍受の可能性が高くなる。情報を読み取れないようにするためには暗号化によって解読を困難にし、またデータの改ざんを防いだり発信者を保証したい場合には認証、電子署名といった方法を用いる。

暗号化は、元のデータを一定の情報に基づいてデータのパターンを変化させ、解読ができないようにするもので、暗号化のパターンを定める情報を暗号鍵と呼ぶ。暗号化されたデータを復元する際には、暗号化の際と同一あるいは別の鍵を用いて行う。理論上全く解読が不可能な暗号化はないが、暗号化の仕組みや暗号化に使われる鍵の複雑さを増すことによって、事実上解読が不可能としている。

【補足：ファイアウォールの原理】

①パケットフィルタリング

ネットワーク上を流れるデータはパケットという単位に分割され送信されている。パケットには、データ部分の他に宛先・送信元のアドレス等の番号を示すヘッダ部分を含んでいる。パケットフィルタリングでは、これらパケットのヘッダ部分をルータの機能を使って参照し、ヘッダ部分のアドレス等の条件に応じてパケットの通過を制限する。この方法の場合、どのようなパケット制限をかけるかに関する手順を登録するのが煩雑となる。

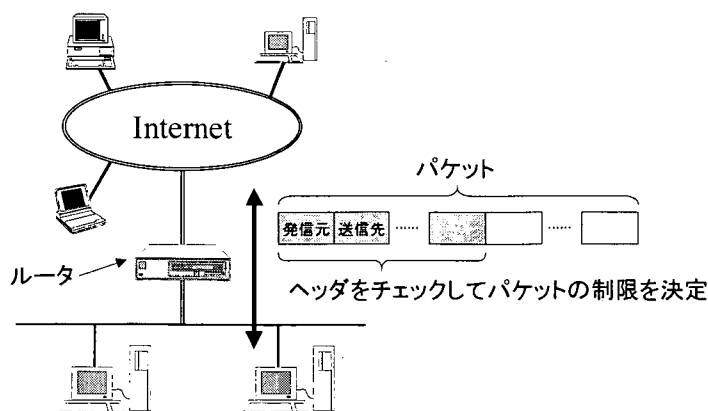


図 5.2.1.4 パケットフィルタリングのイメージ図

②サーキットレベルゲートウェイ

①のようにマシン間の通信を直接行うのではなく、内部と外部の間にゲートウェイサーバを置き、そこで必要な制限処理を行う。その際、通信を行いたい相手方のサイトのゲートウェイサーバとこちら側のゲートウェイサーバが直接接続された二つのマシンのように相互の対話を行いながら制限処理が行われる。クライアント側の処理（Web の参照：HTTP やファイルのやりとり：FTP など）によらないファイアウォールである。

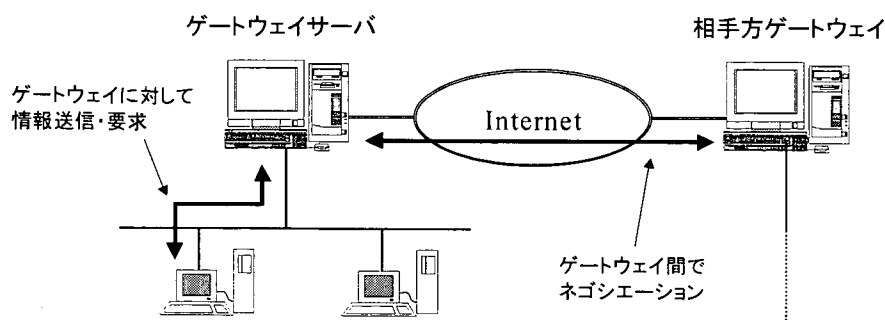


図 5.2.1.5 サーキットレベルゲートウェイの概念

③アプリケーションゲートウェイ

インターネット等開放的なネットワークと内部のネットワークをアプリケーションレベル（HTTP, FTP, telnet などのこと）で監視するのがアプリケーションゲートウェイである。サーキットレベルゲートウェイと同様に内部のネットワークユーザーからの要求を一端プロキシ（代理）上で受け取り、そこから目的の外部のネットワークへ転送する方式をとる。これにより、外部と直接接続することなく、セキュリティが確保され安全に利用することができる。ただしこの方式では、クライアントが利用するアプリケーションごとにゲートウェイ側でプロキシとなるソフトウェアを準備する必要がある。

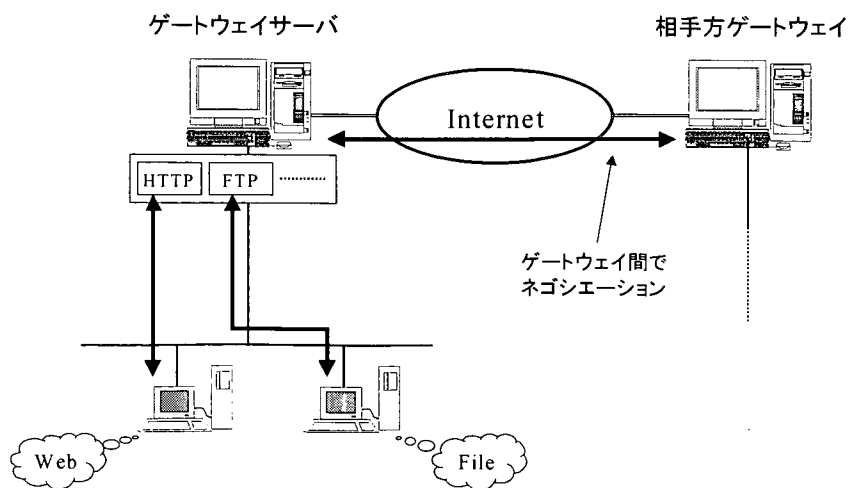


図 5.2.1.6 アプリケーションゲートウェイの概念

【補足：鍵による暗号化の考え方】

① 共通鍵暗号方式

共通鍵暗号方式は送信側と受信側の双方が共通の鍵で暗号化と復号化を行う方式である(図 5.2.1.7)。従来から行われていた方式の大部分がこれに該当する。その手順は次のとおりである。

- ・送信者は共通の秘密鍵でデータを暗号化する。
- ・送信者は暗号化したデータを受信者へ送る。
- ・受信者は暗号化されたデータを受け取り、送信者と同じ共通の秘密鍵で解読する。

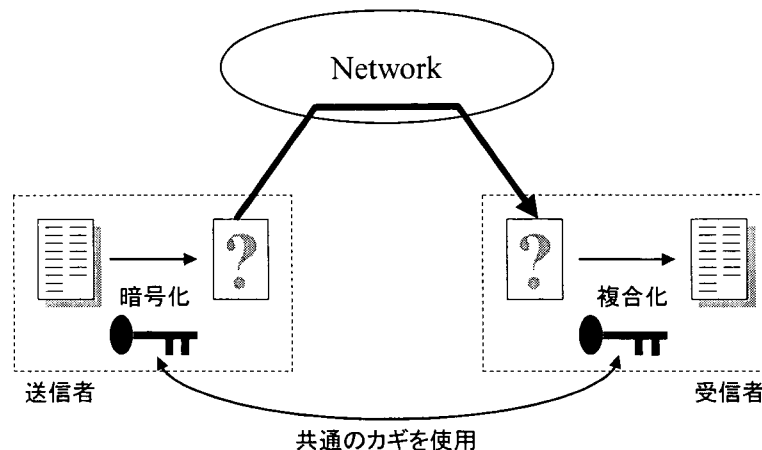


図 5.2.1.7 共通鍵暗号方式の概念

共通鍵暗号は、暗号化・復号化の処理速度が速いという利点がある。一方、送信側から受信側に対して、送信経路とは別の安全性の高い方法で鍵を届けなければならないため、鍵の管理方法が適切でないと鍵が漏洩する可能性がある。

② 公開鍵暗号方式

公開鍵暗号方式では、「暗号化鍵」と「復号化鍵」という二つの鍵をペアで用いる(図 5.2.1.8)。この方式では、公開鍵を用いて暗号化したものはこれに対応する秘密鍵でしか復号化できず、反対に秘密鍵を用いて暗号化したものは、もう一方の公開鍵でしか復号化できない。たとえば、次のような手順で暗号化転送が行われる。

- ・A 送信者は暗号化鍵を不特定多数の受信者に送る。
- ・B, C 受信者は受け取った暗号化鍵を用いてデータを暗号化し、A に送信する。
- ・A 送信者は暗号化されたデータを受け取り、復号化鍵で解読する。

この方式は不特定多数の者を対象とした暗号送信に向いており、暗号化鍵の方は公開してもかまわない。復号化鍵を秘密鍵として適切な管理を行えば、その安全性は高い。公開された暗号化鍵から復号化鍵をつきとめることは理論的には可能だが、計算量の点から現実的ではない。共通鍵方式と比較すると暗号化・復号化の処理速度が若干遅くなるが、實際上大きな問題とはならない。

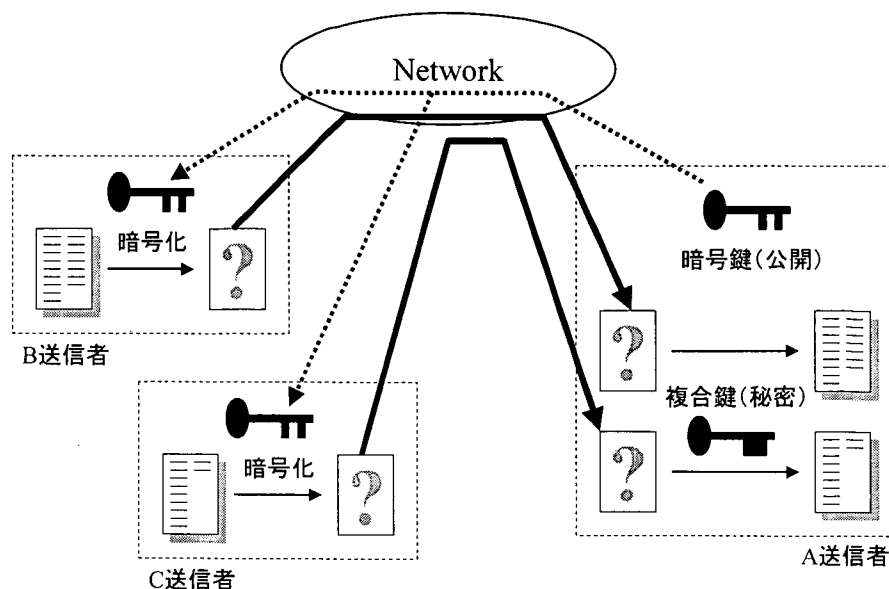


図 5. 2. 1. 8 公開鍵暗号方式のイメージ図

5. 2. 2 緊急時における原則の除外

震災情報システムのセキュリティーを講じるための権限レベルなどの各種原則に対して、緊急自体にあっては、その原則を除外することができる枠組みも必要である。

【解説】

震災情報システムのセキュリティを考えると、データへのアクセスやアプリケーションの操作に関する権限レベルを分け、与えられたレベル以上の権限をユーザに与えないという措置は有効である。しかしながら、震災時においてシステム管理者のように高い権限レベルの要員がシステムを操作できない状況も考えられる。このため、災害時にもシステムに関する対処が可能な準備を講じておく必要がある。

(1) 権限の分散

①一つの権限を二人以上の要員に与える。

大規模な震災の場合、要員やその家族も被災者となり、権限を持った要員が必ずしも職場に参集できない可能性がある。そのため、同一レベルの権限を複数人に与えておき、それらの要員のうち一人が職場に出向くことができればシステムの復旧が可能となるような仕組みをとっておく必要がある。ただし、高いセキュリティを必要とするシステムで多くの要員に高い権限を与えるのは危険であることにも留意しなければならない。

②部門長に最高の権限を与えておく

部門長がその部門に所属する要員の権限を変更できるようにしておく。通常の組織では、部門長が必ずしも情報システムのエキスパートであるとは限らないが、最高権限を与えることによって、緊急時に他の要員に一部の操作を行わせることができる。

④ 部門長が不在の場合の権限者の変更

部門長と連絡が取れないまたは、所在が確認できない場合、その部門における要員の判断あるいは合

意により、職場に存在する要員の中で最高の職制に対し、部門長と同等の権限を与えることができるようにしておく。たとえば、最高権限に関するパスワード等をセキュリティが高い場所に保管し、緊急時のみこれを運用できるようにするとよい。ただし、平常時にこれが悪用されないために、システムのモニタリングを特に注意して行う。

(2) 二重システムによる相互解除（変更）

あるシステムの要員が自分の所持している権限より低いレベルの他のシステムに関する権限を変更することを可能としておく必要がある。

(3) システム復旧行動の文書化

システムに異常が発生した場合の復旧行動をすべて文書化しておく。災害時には、管理者が必ず職場に来られるとは限らないので、文書の内容は専門以外の要員にもわかるようにしておく。文書の内容としては、例えばテープドライブのセットの仕方など基本的な手順についても詳細に記述しておく必要がある。

(4) 原則の除外のルール化

あらゆる事態を想定し、緊急時に特例を認められるよう原則の除外に関しての規則を設定しておく。これにより、緊急時のようなパニック状態においても、規則に則って実行することで、確実性が高くなる。規則の内容としては、(1)のようなものを文書化しておくといよい。